



**Development of a Program for
Reintroducing White Pine to the
Lower St. Lawrence Region**

Phase II: Strategy

PMVRMF (01-02-139)

by

**Pierre Belleau, F.Eng. M.Sc.
Bas-Saint-Laurent Model Forest**

May 2003



TABLE OF CONTENTS

Acknowledgements	5
Introduction	6
Phase 2 Objectives.....	7
Material and Method	8
Results	11
Strategic Directions	16
General Conclusion	26
Bibliography	
Appendix 1	

 LIST OF TABLES

Table 1: Dendrometric data on permanent plots 11

Table 2: Summary data compilations by management unit 14



LIST OF FIGURES

Figure 1: Distribution of permanent plots among management units	8
Figure 2: Site quality indices in sampled white pine plantations	12
Figure 3: Environmental factors and site quality index.....	12
Figure 4: Predicted site quality index for white pine in LSL plantations, based on total precipitation, minimum temperature and elevation	13
Figure 5: ArcView-generated map based on BioSIM values showing precipitation distribution in the LSL region.....	15
Figure 6: Number of white pine seedlings planted in the Lower St. Lawrence region between 1990 and 2002.. ..	20
Figure 7: Monitoring and control timetable for new white pine plantations	22
Figure 8: Severity of weevil attack and tree height by age of white pine plantations visited in summer 2001.	23

ACKNOWLEDGEMENTS

We would like to thank Guy Prigent, researcher at the forest research division of the Ministère des Ressources naturelles du Québec (MRN), and his team for their special contribution to this project, as well as a dynamic group of researchers at the Laurentian Forestry Centre (LFC), Gaëtan Daoust, Gaston Laflamme, Robert Lavallée and Jean Bérubé, for their continued involvement and assistance, from the project's conception to development of the action plan.

We would also like to express our gratitude to Jacques Régnière and Rémi St-Amant of the LFC, who allowed us to explore the promising capabilities of the BioSIM decision-support system.

This project, which required two years of field sampling, was made possible through the financial support of the MRN, under its Forest Resource Development Program (Component 1), and the Bas-Saint-Laurent Model Forest.

INTRODUCTION

White pine has tremendous economic value due to its superior-quality timber. The species is also crucial to the balance of many forest ecosystems, an attribute that is receiving increasingly greater attention. White pine blister rust, a disease introduced in the early 20th century, very often kills infected trees; in fact, along with intensive harvesting, it is the leading cause of the white pine's disappearance in North America. Since we now know how to solve this problem, the Bas-Saint-Laurent Model Forest wants to help reintroduce white pine to Lower St. Lawrence forests by providing decision makers and forest owners with the appropriate tools.

Phase 1 of the project (Belleau et al. 2002) consisted in assessing the state of white pine plantations throughout the Lower St. Lawrence Region based on the spread of blister rust and weevil damage. All of the plantations were infected with blister rust, albeit to varying degrees, and the situation is rapidly getting worse. Each year, the mortality rate rises by 0.7% and the percentage of infected trees, by 4.5%. At this rate, an estimated 25% of trees (one in four) will disappear within the next few years if no action is taken. Intervention requires proper planning of future reforestation efforts in order to renew our white pine asset.

On the advice of the research scientists assisting the Model Forest in this project, it was agreed that the next step would be to classify Lower St. Lawrence white pine plantations on the basis of yield so that informed choices can be made when implementing strategic options by giving priority to the most productive forest areas.

The growth simulation model most often used to assess annual allowable cuts in even-aged stands uses production curves to predict volume based on age, site quality index (SQI) and, in some cases, density. The site quality index refers to the average height of the 100 tallest trees per hectare (forest management handbook, appended documents, 1998) and is the indicator used to assess the potential yield of Lower St. Lawrence white pine plantations.

The 1992 edition of the forest management handbook describes species growth in plantations using three general curves derived from the results obtained by Bolghari and Bertrand (1984) for white spruce. Since then, Prigent et al. (1996) have produced new tables specifically for plantation-grown species. However, few data exist on the white pine plantations of Québec, one of the anticipated outcomes of this project.

A number of actions to promote the reintroduction of white pine are recommended to regional decision makers; it is up to these people to decide whether or not to act on them.



PHASE 2 OBJECTIVES

1. Qualify the yield of white pine plantations in the Lower St. Lawrence region using the site quality index;
2. Seek linkages between the site quality index and different environmental factors with a view to developing decision-support tools for optimizing management choices;
3. Propose various courses of action for preserving existing plantations and stepping up reforestation efforts to regional stakeholders;
4. Establish a network of permanent plots enabling long-term monitoring of white pine growth in plantations, with the aim of improving yield tables and evaluating the effectiveness of disease and pest control methods.

Portrait of sampled plantations

The plantations sampled during summer 2002 were spread over five Lower St. Lawrence management units. The area concerned is bounded to the south and north by latitudes 47.7° and 48.6° N, and to the west and east by longitudes 69.2° and 67.8° W, respectively. From among the 57 plantations inventoried the previous summer, (Belleau et al. 2002), for which several parameters had already been measured, we chose a group of 25 pure white pine plantations having an adequate density and whose owner was willing to collaborate on long-term monitoring. All of the plantations fall within the eastern balsam fir-yellow birch bioclimatic domain and, more specifically, three ecological regions: 4fm, 4ft and 4fs.



Figure 1: Distribution of permanent plots among management units

The plantations were established between 1982 and 1995, three quarters of them being established after 1991. Considering that white pine seedlings spend four years in a nursery, the trees in the sampled plantations were between 12 and 25 years old, the average age being 15 years.

The information provided by MRN forest maps allowed us to identify some ecological characteristics of the study sites. For instance, twelve (48%) of the plots were mixed wood, four (16%), deciduous and one (4%), coniferous. The ecological type of eight (32%) of the plots was undetermined because the plots were located in an agricultural zone. Like elsewhere in the province, very few private forests in the Lower St. Lawrence are planted with white pine following logging. Based on observations made on the ground, only three of the sampled plantations were actually established in forest areas. This is an important factor in that the upper soil horizon was disturbed in most of the plantations, impeding the issuance of guidelines based on representative soil variables.

Forest managers have long been aware of the specific requirements of pine, especially white pine, which explains why none of the plantations were established under extreme drainage conditions. Over 80% of the plantations occur on soil with a drainage class of 3 or less. The slope gradient varies widely, from 2° to 30°, although only one in ten plantations had a slope greater than 15°. It was also noted that all of the planted seedlings are bare root and that, in two cases, large-sized seedlings were used. There was no site preparation in ten of the plantations, and in three others, it was impossible to tell whether any had been carried out before planting. However, our sources confirmed that disturbance was minimal in prepared sites. Pruning was carried out in six of these plantations.

Establishment and measurement of permanent plots

Measuring devices were installed between July 22 and October 3, 2002, in accordance with the MRN protocol for permanent plots used to determine the real effects of silvicultural treatments (Prégent 1996). Yvon Lévesque, a technician with the MRN's forest research division, trained the Model Forest staff in the field by helping install the first few units. Plots are round ($r=11.28$ m), square or rectangular, but all are 400 m² in size. In some cases, all stems in the plot were numbered. To prevent an edge effect, a buffer zone equal to the width of three seedling rows was maintained around the plot. The centre of round plots and corners of square or rectangular plots were marked with plastic stakes. A tag with the plot number and the name, address and telephone number of the Model Forest on it was attached to each stake. The seedlings immediately outside the plot were marked with paint.

A MEMO 4 data collector supplied by the forest research division was used to gather data. Once programmed, this device facilitates *a posteriori* data collection and compilation using the Statistical Analysis System. It enabled collection of an impressive amount of information. The first input fields describe the site's biophysical characteristics (longitude, latitude, exposure, slope, elevation, drainage, etc.). The following fields describe the dendrometric characteristics of stems (species, height, dbh, etc.) and then plot vegetation (Appendix 1). Users can add fields, a feature that we used to record the degree of rust infection and weevil damage per stem.

In addition to these already numerous data, we also recorded several environmental parameters so as to provide forest managers with as many means possible for identifying measurable indicators on the ground or, at least, based on digital forest cover data. A pedon associated with each plot was used to describe:



- Type and depth of duff layer (where plantations were not on agricultural
- Profile length
- Depth to mottles
- Thickness, texture and colour of mineral horizons
- Stoniness (description and distribution)
- Rooting depth

Most of these elements were described using the method and codes suggested in *Point d'observation* (Saucier et al. 1994). Ribes were also observed within a 300 m radius of the plot. The ecological region and type, mapsheet number, distance from the nearest watercourse and immediate environment were assessed using georeferenced forest maps and aerial photographs.

Landowners and, where necessary, the local joint management agency, were interviewed directly to find out the work carried out in the plantations to date (site preparation, maintenance, pruning). The type, stock number and origin of seedlings were determined by contacting the local nursery and querying the Eastern Quebec Forestry Development Program database, of which the Model Forest has a copy.

Fifteen climate variables were calculated for each plot using BioSIM (Régnière 1996), a software tool for simulating insect pest population dynamics. Weather data from local stations are adjusted through the input of longitude, latitude, slope and elevation. Some of the following variables can be derived from one or more other variables:

- | | |
|--------------------------------------|--------------------------------------|
| - Total precipitation (PT) | - Total radiation (RT) |
| - Percentage of snow (PN) | - Number of days below 0°C (J0) |
| - Aridity index (IA) | - Number of days below 5°C (J5) |
| - Vapour pressure deficit (DPV) | - Number of days below 10°C (J10) |
| - Potential evapotranspiration (ETP) | - Number of degree-days >0°C (DJ0) |
| - Average temperature (TMOY) | - Number of degree-days >5°C (DJ5) |
| - Minimum temperature (TMIN) | - Number of degree-days >10°C (DJ10) |
| - Maximum temperature (TMAX) | |

SYSTAT software was used to analyze data and generate figures. The significance level used for all statistical tests was 0.05.

RESULTS

Blister rust and white pine weevil



The results obtained in the plots corroborate those obtained the previous year through inventories taken along cruise lines. Symptoms of weevil attack were observed in 18 out of 25 (72%) plantations, with damage to 9.4% of stems on average (current-year attacks). All of the plots (100%) were infected with white pine blister rust. One in five trees showed infection in the branches, while fewer (6.7%) had infected trunks, with the disease affecting a total of 26.7% of trees. In 64% of cases, *Ribes* occurred within 300 m of the centre of the plot.

Site quality index

At the MRN's forest research division, Guy Prigent tracks data collected in permanent plots established in plantations for the purposes of updating production curves. The programs developed by the MRN compile collected dendrometric data for use in calculating, among other things, site quality indices and plot volume. The tables built by Bolghari and Bertrand used the arithmetic mean height of dominant and co-dominant trees, which generally corresponded to the 300 tallest trees per hectare. Today, the SQI focuses on the height of dominant trees in a stand, which yields a slightly different estimate. For the purposes of our analysis, the SQI was derived from the height of the 200 tallest trees per hectare, the reference age being 25 years. There is so little knowledge of white pine growth in plantations that the study results could enhance current production curves. The old tables were built using data from only 59 plantations. Compilation of data from the MEMO 4 data collector provides a detailed portrait of the sampled plantations (Table 1). The average survival rate of seedlings planted in the field is 76.8%.

Table 1: Dendrometric data on permanent plots

Variable	Minimum	Average	Maximum
Dominant height (m)	2.8	5.3	9.6
Number of stems/ha	1150	1831	2400
Number of merchantable	0	384	2025
Dbh (cm)	2.1	6.4	15.0
Merchantable dbh (cm)	9.3	12.3	15.9
Total basal area (m ² /ha)	0.4	8.0	34.0
Merchantable basal area	0.0	5.4	33.2
Total volume (m ³ /ha)	2.1	26.7	132.4
Merchantable volume (m ³ /ha)	0.0	15.4	107.2

The site quality indices for the sampled plantations vary widely, ranging from 5.8 m to 12.8 m (Figure 2). It was impossible to control this variable *a priori* and the range in the values obtained could result in a volume variance of up to 60 m³/ha at maturity, depending on plantation density. The average value was 8.3 m, which is slightly lower than the average obtained by Bolghari and Bertrand. The coefficient of variation was low, at 20.6%. SQI values are not affected by the occurrence or severity of weevil damage or by the spread of blister rust infection.

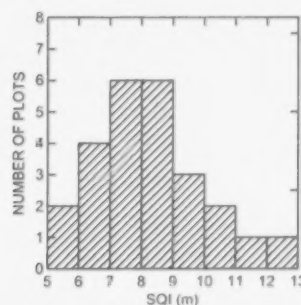


Figure 2: Site quality indices in sampled white pine plantations

A considerable number of digital variables (29) were correlated to the SQI in an attempt to explain the discrepancies and, ultimately, determine a tool capable of classifying plantation sites. For that purpose, linear and non-linear models were explored by applying appropriate changes to the different variables. Obviously, no parameters related to site topography or soil can be used to predict the site quality index.

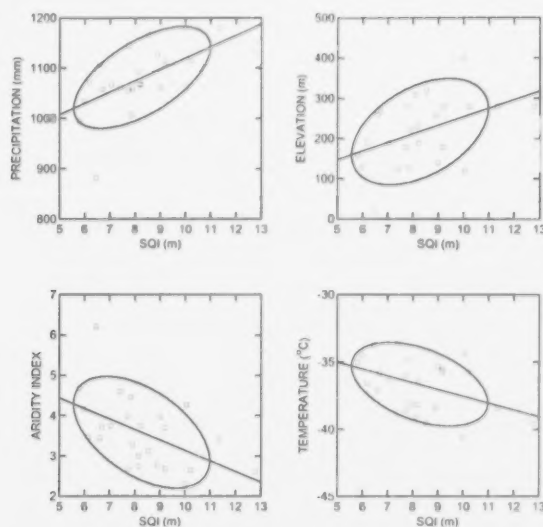


Figure 3: Environmental factors and site quality index

On the other hand, as shown in Figure 3, the best correlations were recorded for total precipitation ($R=0.60$), aridity index ($R=-0.51$), minimum temperature ($R=-0.44$)—three climate parameters calculated using BioSIM—and site elevation ($R=0.44$). The stepwise procedure of the SYSTAT statistical software was used; it proposes the highest-performance multivariate models. The model combining total precipitation, minimum temperature and site elevation

predicts SQI values (Figure 4) with relative accuracy ($R^2=0.40$) and unskewed residuals. Only total precipitation had a significant effect ($p=0.020$), with yields growing with the amount of precipitation.

A number of researchers have already studied the possibility of modelling site quality indices. A study by Ung et al. (2001) tested the potential of using an edaphic variable (water-holding capacity of soil) and four climate variables (vapour pressure deficit, precipitation, aridity index, degree-days) generated by BioSIM to predict the site quality index of select shade-tolerant and intolerant species. R^2 s ranging from 0.54 to 0.72 were reported for the tested models. Moreover, all of these variables were found to be significant, except for vapour pressure deficit and precipitation, in the case of trembling aspen, and vapour pressure deficit and aridity index, in the case of white birch. Using a multiple regression model incorporating stem analysis data and representative climate, topographic and soil variables, Chen et al. (2002) were able to explain 82% of discrepancies in the site quality index for trembling aspen. The authors recommend this mathematical model for British Columbia. The study required the compilation of data collected from 142 stands. It must be pointed out that we have only one very small sample for conducting this type of analysis here, which necessarily influences results for modelling purposes. Furthermore, working with plantations rather than natural stands can make it harder to build this type of linkage, since other factors come into play: soil type and nutrients (depleted wildland, etc.), quality of site preparation, seedling storage and transport, weather conditions in the weeks immediately following planting, etc.

Our intention is not to predict in absolute terms site indices using a mathematical model, but rather to guide decisions regarding management of existing white pine plantations or the site of new plantings. Maps can be produced for most climate variables, including total precipitation, using BioSIM in combination with a geographic information system. This could prove to be a simple means of identifying less productive areas (Figure 5).

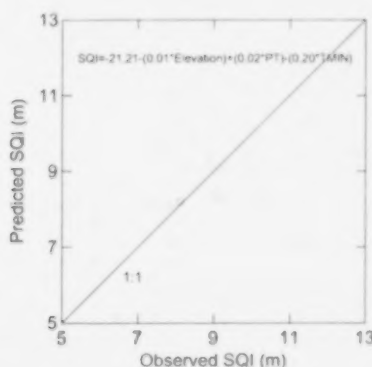


Figure 4: Predicted site quality index for white pine in LSL plantations, based on total precipitation, minimum temperature and elevation

Recent Québec studies support the above observations by showing that plantations on sites with good yield are less susceptible to white pine weevil (Alfaro and Lavallée 1998).

Several dummy variables (18) were also considered in the current analysis. Unfortunately, all these tests yielded few significant differences in the SQI. Although the impact of seedling sources ($p=0.023$) and site preparation methods ($p=0.031$) on the site index of white pine were

assessed, these variables would not be of much use in defining a key decision-support tool. Since most of the study sites had good drainage conditions, this variable did not turn out to be a valid indicator for identifying the most fertile sites, despite the well-known sensitivity of pine to soil moisture.

The management unit (MU) system sheds greater light by clearly highlighting the spatial variability of site indices in the study area ($p=0.010$), despite the irregular site index gradient along latitudes or longitudes. Compiling data on the basis of management units tends to confirm the previous observations with respect to PT, IA, TMIN and elevation, thus demonstrating the merits of using representative climate maps or elevation to guide future management decisions. For greater certainty, we extended the analyses to 57 plantations sampled in summer 2001, although we did not have data on the site quality index for each plantation. Based on the values presented in Table 2, program managers could, for example, decide to give precedence to certain management units in the event of budgetary cuts during implementation of the action plan. A greater number of reference points within each management unit would enable better site characterization in the future.

Table 2: Summary data compilation by management unit

MU	Number of plantations	SQI (m)	PT (mm)	IA	TMIN (°C)	Elevation (m)	Blister rust infection (%)	Stems damaged by white pine weevil (%)
121	5	7.3	1080.8	3.6	-37.5	230	13.0	12.4
122	1	-	1168.6	2.3	-38.7	330	10.0	29.0
123	8	10.3	1133.8	2.9	-38.9	299	41.1	29.5
124	11	8.0	1077.0	3.7	-35.8	169	21.4	11.9
125	22	7.5	1054.4	3.7	-37.0	193	30.2	8.3
126	4	10.2	1128.0	3.1	-36.6	280	19.5	0.0
128	1	-	1195.7	2.2	-38.5	350	69.0	6.0
133	6	-	1050.7	4.3	-35.6	150	16.2	1.2
p	-	0.010	0.018	0.013	0.001	0.001	0.030	0.036
n	57	25	57	57	57	57	57	57

Although the blister rust infection rate and degree of weevil infestation differed significantly from one management unit to the next based on visual observation, no relationship between these variables and climate data was shown. Moreover, based on our observations, neither blister rust nor white pine weevil affects the site quality index.



STRATEGIC DIRECTIONS

The current concern over white pine is not unique to the Lower St. Lawrence region; it is palpable all over North America. The white pine blister rust workshop held in Ottawa in March 2003, hosted by the Ontario Ministry of Natural Resources, drew nearly 80 participants from across Canada and the United States. Whereas white pine was once abundant in Québec's Lower St. Lawrence region, today only a few pure plantations remain, unlike in other regions of the province, such as Ottawa-Hull. In the Lower St. Lawrence, this species occurs mainly in plantations, along with all of the associated problems, particularly blister rust, the main challenge.

We cannot expect to eradicate blister rust, as it has become part of the forest reality; however, we now know effective ways to control its spread. Geils (2001) suggests that this is the beginning of a new management cycle in the history of blister rust in North America, following that of Ribes eradication. He calls this new cycle one of adaptation. If the Lower St. Lawrence region is truly intent on keeping white pine part of its forests, then we have the means to make it happen. However, such an undertaking can only be successful if certain conditions are met, including:

- Setting up and maintaining a structured program
- Ensuring adequate funding
- Applying the program in a disciplined and tenacious manner
- Sharing responsibilities among the chief regional stakeholders
- Putting a monitoring system in place to evaluate the effectiveness of methods
- Making the necessary changes based on past experience

As mentioned in the report on Phase 1 of this project (Belleau et al. 2002), the best way to control blister rust and white pine weevil consists in implementing a decision-support system that incorporates various factors, such as silvicultural techniques, identification of susceptibility zones, use of stock with genetic resistance, etc. We do not yet have the information needed to set up such a system for white pine, although the measures recommended farther on can be considered a beginning.

A program needs to be developed so that efforts are properly coordinated. This program must include inspection and treatment measures for existing plantations, guidelines for new plantings and the transfer of knowledge to practising professional foresters. The program would be delivered through the private forest management program. **Control treatments must be an integral part of silviculture prescriptions and, therefore, systematically applied to all white pine plantations.** The general procedure must primarily satisfy the requirements of blister rust treatment, as well as weevil control. For the program to be viable, it must facilitate operations and attempt as much as possible to reduce the length and frequency of control action, even if it means sacrificing some effectiveness. While it would be advantageous to treat blister rust and white pine weevil simultaneously, a number of biological factors made this impossible.

The l'Agence régionale de mise en valeur des forêt privées du Bas-Saint-Laurent (private forest development agency for the Lower St. Lawrence region; the "Agency") will be responsible for finalizing the program structure based on the following recommendations, which flow from the most advanced knowledge in the field. It will also coordinate the program, which entails identifying priorities, determining procedures and corresponding rates. The Agency must ensure that all program delivery agents receive proper training. It can count on the Model Forest and experts from the scientific community for assistance in this task.

For maximum effectiveness, considering the knowledge required to make a valid diagnosis as regards blister rust, all action relating to this disease should fall solely to delivery agents. To that end, a specialized team selected from existing personnel could be formed and maintained at each point of service. The team's mandate would be to train and supervise plantation owners so that they could eventually perform the inspections and treatments needed to control white pine weevil themselves. As will be seen further on, successful weevil control requires sustained efforts over a number of years, something only truly interested owners are capable of. That is why we believe that **owners enrolled in the individual assistance program for private woodlots should be given preference under such a program**. The Agency will earmark funding to enable delivery agents to acquire enough quality equipment to perform pruning and topping. Some of these tools will be made available to landowners.

Silvicultural practices currently included in the technical specifications guide

Parts of the technical specifications guide published by the Agency deal with white pine. Below is a summary of that information:

Planting of white pine is permitted on wildland and logged areas, but only in association with other coniferous species, except Norway spruce. The prescribed planting rate is approximately 625 white pine/ha (4m X 4m). White pine can also be planted under an existing forest canopy.

Pruning to reduce losses from blister rust is permitted in plantations with a good future potential, on the condition that at least 5% of stems are infected. The Agency recommends using lopping shears or a pruning saw and sanitizing them if they have come into contact with infected parts. Pruning must be performed between November and the end of February. At least one third of the crown should be pruned. Pruning to 1.5 m is ideal. Where this is not possible, financial assistance is proportional to the percentage of the 1.5 m pruned.

Pruning of terminals is permitted in plantations attacked by weevil the current year, provided that between 5% and 15% of stems are affected. Treatment may begin in early July and continue to the end of the month. Selective pruning of shoots the same year is recommended. A maximum of two treatments is permitted throughout the life of the plantation.

Other recommendations are intended to guide species selection based on soil properties (Appendix III of the guide).

The experts consulted suggested that some of the statements in the technical specifications guide be reviewed, going as far as to recommend that certain parts be deleted.

Tending of existing plantations

Approximately 1000 plantations in the Lower St. Lawrence region were inventoried during Phase 1 of the project. The white pine composition (%) of the plantations varied. The first plantations were established over 40 years ago, in 1962. Eight- and nine-year-old plantations were by far the most highly represented age class. This is the best age at which to begin blister rust control treatments, and is also believed to be a good age for weevil control.

Surveys conducted in 57 plantations in summer 2001 revealed symptoms of blister rust in all of the plantations sampled. This situation warrants prompt action in order to safeguard our investment.

The Agency will first have to create a plantation register from data at the MRN in order to identify the plantations' geographical location and plan future action. The register should also include Norway spruce plantations, which are susceptible to infection and should be considered when determining inspection sites. The Model Forest will be producing various climate maps of the region using the BioSIM software tool, which will help in giving priority to the most productive areas, since resources are liable to be limited.

All plantations under nine years of age should automatically be visited over the next four years, eliminating those that do not have a high-enough percentage of white pine (e.g. <10%). We propose adopting a simple procedure for assessing the general health of plantations and determining the need for treatment. For that purpose, a form will be made up for use in collecting data that are helpful in monitoring. At the same time, while visiting plantations, we will be visually assessing two criteria before treatment is authorized. First, the severity of annual weevil damage must be below 15%, the threshold above which infection is deemed impossible to control. Second, the percentage of infected or dead stems caused by rust must be below 25%. The literature provides no guidelines for downgrading a plantation for blister rust control purposes. However, given the large number of plantations to be treated, we deemed it worthwhile to eliminate the most severely affected areas by setting a random threshold, which will be revised as needed. As soon as one of the above criteria is met, control action is not recommended.

a) Rust control

Where treatment is recommended, every tree in the plantation, except those with infected trunks, should be pruned. Fifty percent of whorls can also be pruned, to a height of 2 m or 2/3 of the whorls on the smallest trees (Gaston Laflamme, per. comm. 2003). The next step consists in cutting all other white pines that are dead or have infected trunks. The technical specifications guide recommends using sanitation cutting. This will not control the disease if it is not accompanied by pruning. That is why it is proposed that, specifically for white pine, these two treatments be combined in a future edition of the technical specifications guide. Removing the lower branches reduces the number of pathways for rust, as well as increases aeration within the canopy and provides greater sunlight. Pruning has the added benefit of producing higher quality wood products. Pruning equipment does not have to be sanitized, which makes the job easier. This is a major amendment that needs to be made to the guide. Pruning can be performed at almost anytime of year, but it is best to take advantage of the entire operating season. Pruning equipment must be sharp, as the bark is easily damaged at certain times of the year. Pruned branches and felled trees can be left on site. They will not spread the infection.

For various reasons, older plantations can be treated later, where conditions permit. Young trees are the first to succumb to blister rust, so if an old plantation is still standing, there is a good chance that it has not been infected. Furthermore, effective weevil control demands that treatment be carried out when the plantation is still young. Lastly, damage is liable to be more severe in older plantations and treatment, more difficult due to the height of trees.

b) Weevil control

Treatment to control white pine weevil should also be undertaken. The control period is critical. Sanitation topping of infested trees must be carried out before the next generation of weevils emerge. This critical period varies from one year to the next and cannot be determined in advance. Some years, control action is carried out in mid-July and in others, in mid-August. That is why it is important to use a reliable phenological indicator. Thus, if you cut when wild raspberries begin to ripen, you act before the adult weevils emerge and when weevil attacks become visible. This allows around two weeks for treatment. It is easy to understand why pruning (rust) and topping (weevil) cannot be carried out at the same time.

Proper topping will substantially and continually reduce the number of infested leaders. It is thus imperative that topping be continued for at least five or six years, or until terminals cannot be reached with lopping shears (height of 20 ft. or 6.0 m). At that point, the weevil will no longer affect stem quality and a 16-ft. (2.44 m) log will have been saved. Corrective pruning should be carried out the year following topping. Corrective pruning is usually limited to removing branches that create a fork and are in competition with the terminal leader. It is not necessary to remove lateral shoots from other branches; many stems will straighten up over time. Infected shoots should be promptly burned.

New plantings

Selecting planting sites

Determining the site of new white pine plantations is critical to reducing seedling susceptibility to blister rust. Ideal planting sites are microclimates that will not promote infection. To date, almost all white pine plantations have been established on former farmland, with the known success rate. In addition to their general soil depletion, such sites often harbour an abundance of *Ribes*. That is why any future planting of white pine should be on forested land, post logging, rather than on abandoned farmland.

In addition, blister rust fungous spores are known to move during cool, moist conditions. A few common rules must be observed when selecting planting sites, as cited in Appendix III of the technical specifications guide published by the Agence régionale de mise en valeur des forêts privées du Bas-Saint-Laurent. First, white pine should not be planted at the base of slopes, in valleys with poor air flow, on poorly drained sites or near rivers or streams. The occurrence of dense competing vegetation around trees will contribute to a high moisture level, which will promote the spread of rust and an abundance of *Ribes* (Pomerleau 1969). Where white pine is concerned, perhaps more than for any other species, frequent maintenance of plantations is preferable. The information on disease diagnosis and frequency of eligible maintenance work contained in the technical specifications guide should be revised to incorporate this factor.

Plantation yield should also be a concern. In this regard, it would be worthwhile implementing the observations made with regard to site indices and certain climate parameters so as to favour areas with better growing conditions.

Climate maps could also prove to be an effective tool for Agency personnel responsible for reviewing reforestation requests from delivery agents by identifying hazard zones (areas considered a high risk for blister rust) with moist air conditions. Planting on sites with optimal growing conditions has the direct result of reducing weevil damage: short terminal leaders are often completely destroyed by the insect, which will then attack the whorl below.

Seedling availability

Between 1962 and 1989, just over 252 000 pine seedlings were planted in the Lower St. Lawrence region, or approximately 9 000 seedlings a year. The reforestation rate has varied considerably since 1989, but the number of white pine planted has remained low owing to the multiple problems encountered with this species. The St-Modeste nursery is responsible for supplying white pine for the entire region and its annual production is currently around 35 000 seedling plants: enough to plant only 56 hectares with seedlings spaced 4 m apart. The nursery's entire production is planted in private forests.

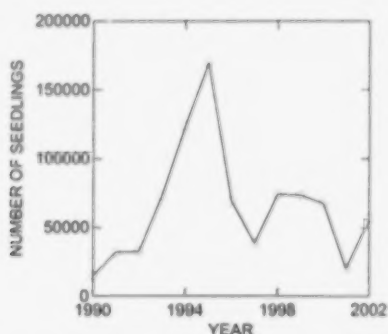


Figure 6: Number of white pine seedlings planted in the Lower St. Lawrence region between 1990 and 2002

Source: Agence régionale de mise en valeur de la forêt privée du Bas-Saint-Laurent

Production must be increased in order to step up reforestation efforts. Because seedlings spend four years in the nursery, orders must change starting immediately, especially since white pine seeds require several weeks of stratification to increase germination. This crucial period can be used to test the maintenance procedures recommended above in existing plantations before introducing the final program.

Progeny tests are under way in the experimental plantations established in the Abitibi-Consolidated-owned areas of the Model Forest (Nicolas Riou and Lac Métis seigneuries) to assess, among other things, the properties of numerous white pine strains, including a blister rust-resistant strain. Biological control agents are also being developed in Québec.

Planting prescription

While the practices currently recommended in the technical specifications guide could continue to be applied until the testing of control measures has produced the anticipated results, the resulting spatial arrangement of seedlings impedes subsequent inspection and sanitation measures.

Two objectives should be targeted in planting white pine:

1. quality lumber;
2. biodiversity conservation.

However, these objectives are not fully reconcilable, which leads us to make the following recommendations.

If quality lumber is the primary concern, most authors suggest planting under an existing forest canopy. Overstorey trees will reduce dew on needles, which can promote blister rust. A closed canopy also makes trees less susceptible to white pine weevil. Ideally, 40-50% crown closure of the overstorey trees should be maintained (Katovich and Mielke, 1993). Although white pine can survive with as little as 20% sunlight, maximum height growth is achieved in conditions with 45% sunlight (Wendel and Smith 2000). It is therefore important to be aware of these values during reforestation planning, or seedling growth could be impeded.

Where there is no overstorey, weevil problems can be reduced by planting white pine in association with other species. Fast-growing species should be used for this purpose so as to create a canopy effect within a few years. Seedlings should be planted no more than 2.5 m apart (Alfaro and Lavallée 1998, Katovich and Mielke 1993) in order to stimulate height growth and so that weevil-caused defects can correct themselves. Where this is possible, a number of residual trees should be kept for shade. However, regardless of the method used, we suggest planting white pine in higher densities (1250 seedlings/ha) than that allowed in the technical specifications guide. White pine should not be planted in gaps with a diameter below the height of adjacent trees. White pine should be planted in rows or in alternation with other species. New plantations should be relatively small in size so that maintenance is not too labour-intensive and can be carried out in a reasonable amount of time.

If biodiversity conservation is the main objective, then lower-density planting is an option. Louis Labrecque of the MRN regional office is considering introducing, as early as spring 2004, a new practice that consists in including 2-3% white pine in coniferous seedling bundles. It goes without saying that there is no rust or weevil control for these seedlings; instead, the emphasis must be placed on the probability of survival.

Inspection and control timetable

Descriptive data collected from the new white pine plantations will be added to the data on existing plantations in the Agency's database. For economic reasons, the procedure suggested here is aimed at minimizing the frequency of management activities while satisfying rust and weevil control requirements. The 15-25% rejection threshold mentioned earlier for blister rust and white pine weevil damage do not apply to new plantations owing to the early age at which monitoring begins (Figure 7). Control techniques remain essentially the same.

a) Blister rust

Pruning should begin at around age 6 and be continued to an approximate height of 1.5 m, removing no more than 2/3 of live whorls in the crown of the smallest trees.

Some authors recommend beginning pruning at age 4, even if seedlings are under 1.0 m in height (Nicholls and Anderson, 1977), whereas others recommend beginning at age 5 (Katovich and Mielke 1993). Lavalée (1992) prefers to begin when trees are older, claiming that 5-7-year-old pines die quickly if infected. Regardless of age, the plantation must have reached the free-growing stage for pruning to begin. According to Nicholls and Anderson (1977), the second, and final, lift should be carried out 10 years later. However, Gaston Laflamme of the Canadian Forest Service points out that in the Appalachies region, the ideal period between the first and last lift is 4 to 6 years. The second lift should be carried out to a height of between 2.5 and 3.0 m. Many American authors set the minimum pruning height for blister rust control at 9 ft. (2.7 m), with an ideal height of 17 ft. (around 5 m), in order to obtain a 16-ft. log. These pruning heights are provided for information purposes only. In practice, the pruning height is determined by the height of infection while maintaining sufficient live crown. Again, this all confirms the soundness of entrusting rust control measures to a specialized team set up at each delivery agent.

Lastly, during each pruning exercise, all gooseberries within 300-500 m of the plantation should be eradicated or sprayed with herbicides. The proximity and quantity of *Ribes* in and around the plantation remain the chief factors in the spread of blister rust, especially if the plantation is sheltered from air flow (Lavalée 1992). Systematic eradication such as that reported by Pomerleau (1969) greatly decreases the risk of infection. While it is true that the effectiveness of the major eradication initiative carried out in the United States between 1917 and the late 1970s, which reached a peak during the Depression, has been called into question, the program has nevertheless been cited as the reason for the low blister rust infection incidence in some American states (Lombard and Bofinger 1999). If carried out at the plantation level by the plantation owner or qualified workers, eradication can produce positive results with a moderate amount of work. Owners participating in the program could even receive a bonus if they hand in eradicated plants.



Figure 7: Monitoring and control timetable for new white pine plantations

Some authors recommend beginning pruning at age 4, even if seedlings are under 1.0 m in height (Nicholls and Anderson, 1977), whereas others recommend beginning at age 5 (Katovich and Mielke 1993). Lavallée (1992) prefers to begin when trees are older, claiming that 5-7-year-old pines die quickly if infected. Regardless of age, the plantation must have reached the free-growing stage for pruning to begin. According to Nicholls and Anderson (1977), the second, and final, lift should be carried out 10 years later. However, Gaston Laflamme of the Canadian Forest Service points out that in the Appalachies region, the ideal period between the first and last lift is 4 to 6 years. The second lift should be carried out to a height of between 2.5 and 3.0 m. Many American authors set the minimum pruning height for blister rust control at 9 ft. (2.7 m), with an ideal height of 17 ft. (around 5 m), in order to obtain a 16-ft. log. These pruning heights are provided for information purposes only. In practice, the pruning height is determined by the height of infection while maintaining sufficient live crown. Again, this all confirms the soundness of entrusting rust control measures to a specialized team set up at each delivery agent.

Lastly, during each pruning exercise, all gooseberries within 300-500 m of the plantation should be eradicated or sprayed with herbicides. The proximity and quantity of *Ribes* in and around the plantation remain the chief factors in the spread of blister rust, especially if the plantation is sheltered from air flow (Lavallée 1992). Systematic eradication such as that reported by Pomerleau (1969) greatly decreases the risk of infection. While it is true that the effectiveness of the major eradication initiative carried out in the United States between 1917 and the late 1970s, which reached a peak during the Depression, has been called into question, the program has nevertheless been cited as the reason for the low blister rust infection incidence in some American states (Lombard and Bofinger 1999). If carried out at the plantation level by the plantation owner or qualified workers, eradication can produce positive results with a moderate amount of work. Owners participating in the program could even receive a bonus if they hand in eradicated plants.

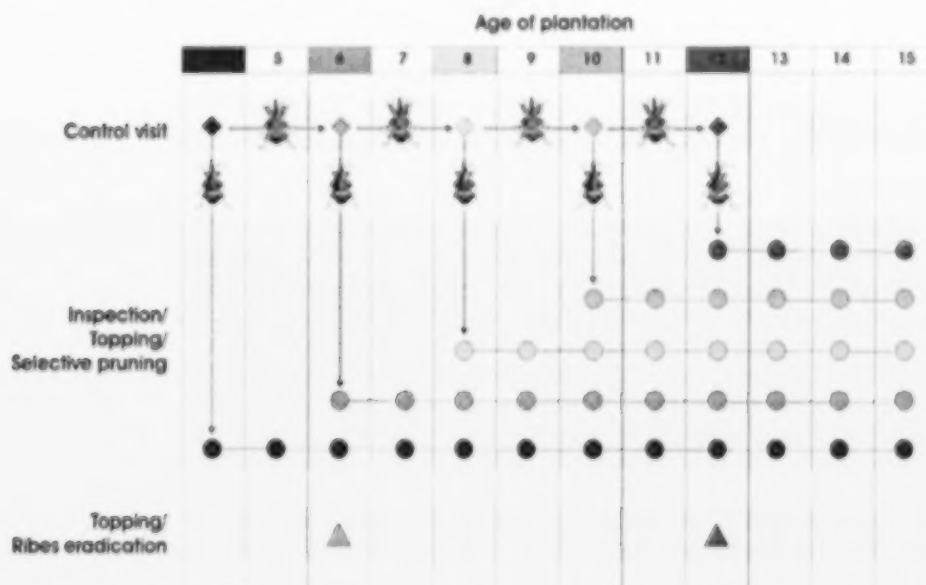


Figure 7: Monitoring and control timetable for new white pine plantations

b) White pine weevil

The period for treating white pine weevil is critical. Sanitation topping of infested trees must be carried out before the next generation of weevils emerge. However, this critical period varies from one year to the next and cannot be determined in advance. Some years, control treatment is carried out in mid-July and in others, in mid-August. It is therefore important to use a reliable phenological indicator linked to sanitation procedures. For instance, cutting when wild raspberries begin to ripen enables intervention before adult weevils emerge and when weevil attacks become visible. The Agency could notify delivery agents at the appropriate time each year, providing them with a list of plantations requiring monitoring and reminding the agents to contact the plantation owners concerned where necessary.

Based on observations made in summer 2001, the white pine weevil is liable to attack young plantations (Figure 8), which is why we believe that monitoring should begin at age six. Where possible, field inspections to check for the presence of weevils should be combined with inventories to determine the need for thinning. As soon as weevils are detected, sanitation procedures (inspection/topping/selective pruning) should begin and then repeated once a year (productivity of 0.5 ha/hr/per where infection rate = 1%) until the plantation has reached a "safe" height, i.e. a height at which the weevil will no longer affect the quality of the trunk. The number of years sanitation must be continued therefore depends on when treatment begins and how fast white pine grows, hence the advantage of selecting planting sites offering optimal height growth. Thus, although the proposed timetable (Figure 7) suggests continuing sanitation treatments until the plantation is 15 years old, when trees would be nearly 6 m tall according to our data, the actual treatment period will depend on real tree height. On the other hand, treatments could stop as of age 12, when plantations appear to become less attractive to white pine weevil, although this statement still needs to be confirmed.

Corrective pruning should be carried each year following topping. In most cases, corrective pruning will be limited to removing branches that create a fork and are in competition with the dominant terminal leader. Lateral shoots do not have to be removed from the other branches, as many stems will straighten up over time. Infected shoots should be promptly burned.

Following the above treatment, the plantation should be safe from weevil attack. Precommercial thinning is not carried out until plantations are 25 years old. Thinning that consists in removing whole rows is not recommended.

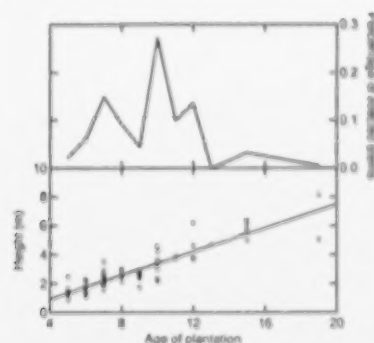


Figure 8: Severity of weevil attack and tree height by age of white pine plantations visited in summer 2001

Protection of dominant and overstorey trees

The scarcity of white pine makes the large trees remaining in the Lower St. Lawrence region more ecologically valuable. Special measures (awareness raising, guidelines, countervailing measures) to safeguard the species could be envisaged and would be another way to help maintain biodiversity.

Knowledge transfer

It is up to the Agency to organize knowledge transfer activities and identify the necessary tools and resources. Most of the work will consist in providing the proper training to personnel at the various points of service. All personnel could be trained or, as previously suggested, a limited group at each delivery agent could be trained with a view to forming a team of specialists. Two educational tools are already available: posters on white pine weevil and blister rust control, respectively, produced by CFS researchers Robert Lavallée and Gaston Laflamme. Two non-scientific videos explaining the various control techniques are currently on the drawing board.

Other action that may be undertaken shortly includes:

- Promotion of the program to Lower St. Lawrence forest owners;
- A guide to white pine plantation maintenance;
- Posting of information on the Agency's Web site;
- Production of promotional material.

Research and monitoring

The above process should include monitoring to determine the effectiveness of the program and its related activities. Part of the analyses could be performed by the Agency itself. Data input should be well structured from the outset to ensure that data can be recovered by researchers and the Model Forest, both of which should be involved in the preparation of the data collection forms to be completed during field inspections and in deciding how the monitoring system will operate.

In the short term, the Model Forest will begin various trials in conjunction with the CFS. In particular, it hopes to establish experimental plantations for monitoring mixedwood planting (white pine in association with Norway spruce). The Model Forest also intends to monitor the permanent plots established for the purposes of this study and in conjunction with the MRN's forest research branch.

Recommendations in brief

The main recommendations arising from this study are summarized below.

1. Revise the technical specifications guide:

- Present control treatments as an integral part all reforestation prescriptions including white pine;
- Tighten maintenance guidelines for white pine plantations;

- Propose encouraging rates;
- Review blister rust treatment instructions, including:
 - Sanitation cutting and pruning: treatment
 - Minimum infestation thresholds;
 - Pruning heights;
 - Sterilizing of pruning equipment;
 - Possibility of planting logged areas;
 - Incentives for eradicating Ribes.



- Review and revise instructions for controlling white pine weevil, including:
 - Cutting and destroying of infested leaders before adults emerge;
 - Burning of pruned shoots;
 - Phenological indicator: when wild raspberries start to mature;
 - Continuation of treatments for 5-6 years in a row.
2. Build a database containing information on all existing or future plantations, recording all management activities carried out;
 3. Produce climate maps of the Lower St. Lawrence region;
 4. Advise nurseries to increase their seedling production;
 5. Define the terms of the program for reintroducing white pine and working inspection procedures;
 6. Organize training activities;
 7. Provide delivery agents with guidelines and funding for the acquisition of pruning equipment;
 8. Develop a decision-support tool to facilitate the management and planning of plantation work.



GENERAL CONCLUSION

The goal of this project was to identify working solutions to the disappearance of white pine in the Lower St. Lawrence region. To that end, the study was divided into two phases, as recommended by the researchers who accepted to supervise the project. Phase 1 consisted in drawing a portrait of white pine plantations in the region as a whole and identifying regional characteristics among the factors explaining blister rust and weevil incidence. Plantation yield was then analyzed based on site quality indices.

The statistics show the precarious state of plantations. The majority of plantations are currently infected, the disease is progressing rapidly and major losses are anticipated in the short term. This is in addition to relatively widespread weevil damage.

Site quality indices, a good indicator of a stand's growth potential, vary geographically in the Lower St. Lawrence. This indicator could be used to establish priority action by targeting the most productive areas of management units. Although numerous descriptive data on existing vegetation are required to measure this index, various related climate variables can assist in estimating the index from maps.

Pathogenic and pest agents can be effectively controlled on the basis of current knowledge. We have suggested a few courses of action, primarily to the Agence régionale de mise en valeur des forêts privées du Bas-Saint-Laurent. The key lies in devising and implementing a specially designed control program. Other studies conducted long before ours led to numerous initiatives across North America, not all of which have been successful. While there is nothing particularly new about the approach we are proposing for structuring a similar program, the determination of our forward-thinking forest managers in the Lower St. Lawrence region could, as usual, make all the difference and eventually yield benefits elsewhere.

Blister rust must not prevent interested forest managers from managing for white pine (Lombard and Bofinger 1999). Successful management essentially lies in a willingness and commitment to work towards a common goal.

BIBLIOGRAPHY

- Agence regionale de mise en valeur des forêts privées du Bas-Saint-Laurent. 2002. Cahier d'instructions techniques 2002-2004. 200 pages.
- Alfaro R. and R. Lavallée. 1998. White pine weevil. Home page. Canadian Forest Service. http://www.pfc.forestry.ca/entomology/weevil/manage_e.html (page consulted on February 24, 2003)
- Belleau, P., S. Rioux and M. Roy. 2002. Development of a Program for Reintroducing White Pine to the Lower St. Lawrence Region. Phase I Report. Bas-Saint-Laurent Model Forest. 23 pages plus appendices.
- Bolghari, H.-A. and V. Bertrand. 1984. Tables préliminaires de production des principales essences résineuses plantées dans la partie centrale du sud du Québec, Ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec, Service de la recherche (Terres et Forêts), Sainte-Foy, Mémoire no 79. 392 pages plus appendices.
- Chen, H.Y.H., P.V. Krestov, and K. Klinka. 2002. Trembling aspen site index in relation to environmental measures of site quality at two spatial scales. Can. J. For. Res. 32: 112-119.
- Direction des programmes forestiers, Ministère des Ressources naturelles. 1998. Manuel d'aménagement forestier, Appended documents.
- Fins, L., J. Byler, D. Ferguson, A. Harvey, M.F. Mahalovich, G. McDonald, D. Miller, J. Schwandt and A. Zack. 2001. Return of the giants. University of Idaho College of Natural Resources, Station Bulletin 72.
- Geils, B.W. 2001. Impacts of white pine blister rust. USDA. [on-line] <http://www.rmrs.nau.edu/rust/Geils2001/text.html> (page consulted on February 24, 2003)
- Katovich, S. and M. Mielke. 1993. How to Manage Eastern White Pine to Minimize Damage from Blister Rust and White Pine Weevil. USDA. [on-line] http://www.na.fs.fed.us/spfo/pubs/howtos/ht_white/white.htm (page consulted on February 24, 2003)
- Lavallée, A. 1992. Évolution de la rouille vésiculeuse du pin blanc dans les jeunes plantations de pins blancs. Rapport d'information LAU-X-101. Forestry Canada-Quebec Region. 24 pages.
- Lombard, K. and J. Bofinger. 1999. White Pine Blister Rust *Cronartium ribicola* Infection Incidence for Selected Areas of New Hampshire. NH Division of Forests and Lands Department of Resources and Economic Development. 11 pages.

- Maloy, O.C. 1997. White Pine Blister Rust Control in North America: A Case History. *Annu. Rev. Phytopathol* 35: 87-109.
- Maloy, O.C. 2001. White Pine Blister Rust. Washington State University. [on-line]
<http://www.plantmanagementnetwork.org/pub/php/management/whitepine>
(page consulted on February 24, 2003)
- Natural Resources Canada. Weevil Management. [on-line]
http://www.pfc.forestry.ca/entomology/weevil/manage_e.html
- Nicholls, T.H. and R.L. Anderson. 1977. Management of white pine blister rust. [on-line]
<http://www.for.gov.bc.ca/tasb/legsregs/fpc/fpcguide/PINESTEM/pine2.htm>
(page consulted on February 24, 2003)
- Pomerleau, R. and J. Bard. 1969. Les plantations de pin blanc et la rouille vésiculeuse dans le Québec. *Phytoprotection*, volume 50, No.1, pages 32-37.
- Prégent, G. 1996. Devis technique pour la mesure des effets réels des traitements sylvicoles. Gouvernement du Québec, Ministère des Ressources naturelles, Direction de la recherche forestière. 28 pages plus appendices.
- Prégent, G., V. Bertrand and L. Charrette. 1996. Tables préliminaires de rendement pour les plantations d'Épinette noire au Québec – Mémoire de recherche N° 118. Gouvernement du Québec, Ministère des Ressources naturelles, Direction de la recherche forestière. 63 pages plus appendices.
- Régnière, J. 1996. Generalized approach to landscape-wide seasonal forecasting with temperature-driven simulation models. *Environ. Entomol.* 25: 869-881.
- Saucier, J-P., J-P. Berger, H. D'Avignon and P. Racine. 1994. Le point d'observation écologique. Gouvernement du Québec, Ministère des Ressources naturelles, Direction de la gestion des stocks forestiers, Service des inventaires forestiers. 116 pages.
- Ung, Chhun-Huor, P.Y. Bernier, F. Raulier, R.A. Fournier, M-C. Lambert and J. Régnière. 2001. Biophysical Site Indices for Shade Tolerant and Intolerant Boreal Species. *Forest Science* 47(1): 83-95.
- Wendel G.W. and H.C. Smith. *Pinus strobus* L. - Eastern White Pine. USDA. [on-line]
http://willow.ncfes.umn.edu/silvics_manual/Volume_1/pinus/strobus.htm
(page consulted on July 21, 2000)

APPENDIX 1

List of variables recorded using the electronic data collector

Biophysical characteristics

PLANT	Plantation number
PEP	Plot number
SUPPEP	Area of plot (ha)
NPIED	Original number of standing trees
ANZERO	Source year of seedlings
ESP1	Spacing between trees in rows (cm)
ESP2	Spacing between rows (cm)
LATGPS	Latitude determined in situ (e.g.:473230) (dms)
LONGGPS	Longitude determined in situ (e.g.:772830) (dms)
ALTGPS	Elevation determined in situ (m)
LATCART	Latitude on maps (dms)
LONCART	Longitude on maps (dms)
ALTCART	Elevation on maps (m)
DIM1PEP	1st dimension of plot (m)
DIM2PEP	2nd dimension of plot (if necessary)(m)
PENTE	Representative slope on plot (%)
EXPOS	Slope exposure (degrees)
DRAIN	Drainage class
REGTHI1	Ecological region according to Thibault (1st part)
REGTHI2	Ecological region according to Thibault (2nd part)
REGSAU1	Ecological region according to Saucier et al. (1st part)
REGSAU2	Ecological region according to Saucier et al. (2nd part)
DISTECO1	Ecological district according to Robitaille (1st part)
DISTECO2	Ecological district according to Robitaille (2nd part)
DEPCARTA	Deposit code according to MRN maps (1st part)
DEPCARTB	Deposit code according to MRN maps (2nd part)

DEPEP Thickness of deposit (code for shallow soils)
 TEXTURE Soil texture assessed in situ
 PENTESIT Location on slope
 PENTEFOR Shape of slope
 PENTEVER Slope
 REGARNI Restocked plot
 DEGAGE Cleaned plot
 ECLAIR Thinned plot
 SPMFPRO SPMF project number
 SPMFSTO SPMF stock number
 SPMFPLA SPMF plot number
 SPMFCAR Characteristics of PSP
 ACTIVE Plot active or not
 DISPO Type of device

Dendrometric characteristics

PLANT..... Plantation number
 PP Plot number
 ANNEE..... Measurement year
 NTO Total number of trees covered by inventory
 EVALORG..... Evaluating organization
 EVAL..... Evaluators' initials (e.g.: RK-JBG)
 JOUR Date of evaluation (e.g.: 1994/08/26)
 NOARBRE Tree tag number
 ESSENCE Species name
 POUN..... Planted or Natural (P or N)
 VOUMOUC..... Living, Dead or Cut (L, D or C)
 HT Height of highest living stem (cm)
 NTVIV..... Number of living stems
 DHPVIVn..... Dbh of living stems (e.g.: 23.4 12.5 4.4)(mm)
 NTMORT Number of dead stems

DHPMORTn Dbh of dead stems (e.g.: 8.8 12.4) (mm)
NCETAT Number of status codes
CODETATn Status codes
CODECOMP Competition code
ESSCOMP Competing specie(s) (e.g.: BPO-BF)

Plot vegetation

PLANT Plantation number
PEP Plot number
ANNEE Measurement year
NARBO Number of species in tree stratum
NARBU Number of species in shrub stratum
NHERB Number of species in herbaceous stratum
NMSL Number of species in moss/lichen layer
ARBO Tree stratum species
ARBOAB Abundance of tree stratum species
ARBU Shrub stratum species
ARBUAB Abundance of shrub stratum species
HERB Herbaceous species
HERBAB Abundance of herbaceous species
MSL Species of moss/lichen layer
MSLAB Abundance of species of moss/lichen layer



**Élaboration d'un programme
de
réintroduction du pin blanc**

Phase II : Stratégie

PMVRMF (01-02-139)

**Pierre Belleau ing. I. M. Sc.
Forêt modèle du Bas-Saint-Laurent**

mai 2003



TABLE DES MATIÈRES

Remerciements	5
Introduction	6
Objectifs	7
Matériel et méthode	8
Résultats	11
Orientations stratégiques	16
Conclusion générale	26
Bibliographie	
Annexe 1	



LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Statistiques dendrométriques des placettes permanentes..... 11

Tableau 2 : Sommaire des compilations par unité d'aménagement 14



LISTE DES FIGURES

Figure 1 :	Répartition des placettes permanentes parmi les unités d'aménagement.....	8
Figure 2 :	Distribution des indices de qualité de station dans les plantations de pin blanc échantillonnées.....	12
Figure 3 :	Facteurs écologiques et indice de qualité de station	12
Figure 4 :	Prédiction de l'indice de qualité de station du pin blanc dans les plantations du BSL, à partir des précipitations totales, de la température minimale et de l'altitude de la station	13
Figure 5 :	Carte produite sur ArcView à partir des valeurs générées par BioSim et présentant la répartition des précipitations dans le BSL	15
Figure 6 :	Évolution du nombre de plants de pin blanc reboisés dans le Bas-Saint-Laurent entre 1990 et 2002 (Données fournies par l'Agence régionale de mise en valeur de la forêt privée).....	20
Figure 7 :	Calendrier de surveillance et de contrôle des nouvelles plantations de pin blanc	22
Figure 8 :	Niveau d'attaque du charançon et hauteur des tiges selon l'âge des plantations de pin blanc visitées à l'été 2001.....	24



REMERCIEMENTS

Nous tenons à souligner la collaboration toute spéciale de M. Guy Prigent, chercheur à la Direction de la recherche forestière (DRF) du ministère des Ressources naturelles du Québec et de son équipe. Ainsi que l'implication soutenue d'un groupe de chercheurs dynamiques du Centre de foresterie des Laurentides (CFL), MM. Gaétan Daoust, Gaston Laflamme, Robert Lavallée et Jean Bérubé, qui ont épaulé la Forêt modèle du Bas-Saint-Laurent dans ce projet, de sa conception jusqu'à l'élaboration du plan d'action.

Nous adressons par ailleurs nos remerciements à deux autres membres du CFL, MM. Jacques Régnière et Rémi St-Amant, grâce auxquels nous avons eu l'opportunité d'explorer les capacités prometteuses de l'algorithme BioSim.

Le projet, qui a nécessité deux saisons d'échantillonnage sur le terrain, a été réalisé avec l'aide financière du programme de mise en valeur des ressources du milieu forestier (Volet 1) du ministère des Ressources naturelles du Québec et de la Forêt modèle du Bas-Saint-Laurent.



INTRODUCTION

Le pin blanc est un matériau de qualité supérieure qui a une grande valeur économique. Cette essence est aussi une composante nécessaire à l'équilibre de nombreux écosystèmes forestiers, une considération à laquelle on accorde de plus en plus d'importance. La rouille vésiculeuse du pin blanc, une maladie introduite au début du siècle dernier, entraîne très souvent la mort des sujets contaminés. Elle est avec l'exploitation intensive la principale cause de la disparition de l'espèce à travers l'Amérique du Nord. On connaît aujourd'hui des façons d'enrayer le problème et c'est pourquoi la Forêt modèle du Bas-Saint-Laurent désire contribuer au retour de cette essence dans le paysage forestier régional en fournissant aux décideurs ainsi qu'aux propriétaires forestiers les outils appropriés.

La première phase du projet (Belleau et al. 2002) a permis de faire le bilan de l'état des plantations de pin blanc à travers le Bas-Saint-Laurent en ce qui concerne la propagation de la rouille vésiculeuse et aussi les dégâts causés par le charançon du pin blanc. Il ressort de cette évaluation que toutes les plantations sont touchées par la maladie, bien qu'à des degrés variables, et que la situation s'aggrave rapidement. Annuellement, le taux de mortalité croît de 0,7 % et la proportion de tiges infectées dans les plantations de 4,5%. À ce rythme, si aucune mesure n'est prise, on anticipe des pertes de l'ordre de 25% des effectifs (1 tige sur 4) dans les prochaines années. Cela nécessite de planifier adéquatement les activités de reboisement à venir de façon à renouveler notre actif.

Sur les conseils du groupe de chercheurs scientifiques qui assistent la Forêt modèle dans cette démarche, il a été convenu que l'étape suivante serait de catégoriser les plantations de pin blanc du BSL en regard de leur rendement. Ceci dans l'optique de faire subséquemment des choix éclairés au moment de mettre en application certaines options stratégiques en donnant priorité aux milieux les plus productifs.

Pour évaluer les possibilités annuelles de coupe dans les peuplements équiennes, le modèle de simulation de la croissance le plus populaire actuellement utilise des courbes de production qui prédisent le volume selon l'âge, l'indice de qualité de station (IQS) et dans certains cas la densité. L'indice de qualité de station se définit comme la hauteur moyenne des 100 plus hautes tiges à l'hectare (Manuel d'aménagement forestier, documents d'annexes, s1998). C'est l'indicateur que nous avons retenu pour évaluer le rendement potentiel des plantations de pin blanc du Bas-Saint-Laurent.

Dans l'édition du manuel d'aménagement forestier de 1992, la croissance des essences en plantation était décrite à l'aide de trois courbes générales dérivées des résultats obtenus par Bolghari et Bertrand (1984) pour l'épinette blanche. De nouvelles tables ont été produites depuis par Prigent et al. (1996) spécifiquement pour les essences en plantations, mais il existe peu de données documentant les plantations de PIB au Québec. On peut anticiper donc des retombées du projet à cet autre niveau.

Une série d'actions susceptibles de favoriser la réintroduction du pin blanc sont suggérés aux décideurs régionaux à qui il appartient de relever ou non le défi.



OBJECTIFS

1. Caractériser le rendement des plantations de pin blanc du Bas-Saint-Laurent par le truchement de l'indice de qualité de station;
2. Rechercher des relations entre l'indice de qualité de station et divers facteurs écologiques en vue de développer des outils d'aide à la décision optimisant le choix des interventions;
3. Proposer aux intervenants régionaux une série d'actions pour sauvegarder les plantations existantes et intensifier l'effort de reboisement;
4. Mettre en place un réseau de placettes permanentes qui permettra le suivi à long terme de la croissance du pin blanc en plantation dans le but de bonifier les tables de rendement et d'évaluer l'efficacité des méthodes de contrôle des maladies et autres ravageurs.

Portrait des plantations échantillonnées

Les plantations qui ont été échantillonnées au cours de l'été 2002 sont réparties à travers cinq unités d'aménagement de la région du Bas-Saint-Laurent. Le périmètre en question est borné au sud et au nord par les 47,7° et 48,6° de latitude N, à l'ouest et à l'est par les 69,2° et 67,8° de longitude O, respectivement. Nous avons sélectionné parmi les 57 plantations mesurées l'été précédent (Belleau et al. 2002), dont on connaissait déjà plusieurs paramètres, un groupe de 25 plantations pures de pin blanc présentant une densité satisfaisante et dont le propriétaire était ouvert à l'idée de collaborer à un suivi à plus long terme. Toutes appartiennent au domaine bioclimatique de la sapinière à bouleau jaune de l'est et plus particulièrement à trois de ses régions écologiques : 4fm, 4ft et 4fs.



Figure 1 : Répartition des placettes permanentes parmi les unités d'aménagement

Ces plantations ont été réalisées entre 1982 et 1995 dont plus des trois quarts après 1991. Si on considère que les plants de pin blanc passent 4 années en pépinière, l'âge des arbres dans les plantations visitées varie de 12 à 25 ans étant en moyenne d'une quinzaine d'années.

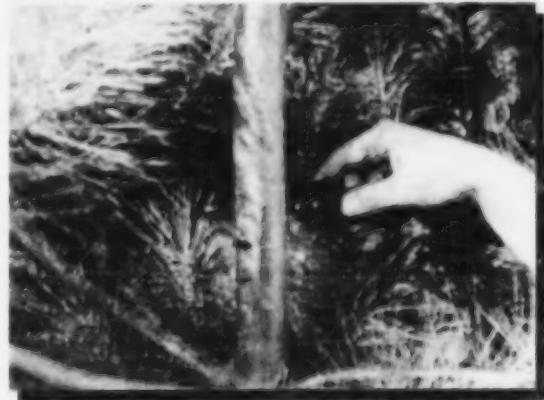
La cartographie forestière du MRN fournit des renseignements qui ont permis de décrire quelques caractéristiques écologiques des sites à l'étude. Ainsi, selon ces informations, douze (48%) des placettes sont sur type écologique mélangé, quatre (16%) sur type écologique feuillu et une seule (4%) sur type écologique résineux. Pour huit (32%) d'entre elles, le type écologique est indéterminé puisque le secteur est à vocation agricole. En forêt privée dans le Bas-Saint-Laurent de même que partout ailleurs dans la province, rares sont les parterres de coupe qui ont été reboisés en pin blanc. À la lumière des observations faites sur le terrain, uniquement trois plantations de notre échantillon étaient réellement issues du milieu forestier. C'est une considération qui a son importance, car dans la majorité des cas l'horizon supérieur du dépôt de surface a été perturbé. Ceci vient entraver les efforts visant à émettre des lignes directrices basées sur des variables représentatives du sol.

Les forestiers sont depuis longtemps sensibles aux besoins spécifiques des pins et en particulier à ceux du pin blanc, ce qui explique qu'aucune des plantations n'ait été localisée dans des conditions extrêmes de drainage. Plus de 80% des plantations sont sur un sol dont la classe de drainage est égale ou inférieure à 3. Le pourcentage de pente couvre une bande assez large qui s'étend de 2° à 30°. Seulement une plantation sur dix est cependant sur une pente supérieure à 15°. Nous avons aussi constaté que les plants qui ont été utilisés pour le reboisement sont exclusivement à racines nues et que, dans deux cas, il s'agit de plants à fortes dimensions. Dix des plantations n'ont fait l'objet d'aucune préparation de terrain et pour trois autres, il nous a été impossible de déterminer si une préparation avait été préalable au reboisement. Lorsque le secteur a été préparé, nos sources nous confirment toutefois que la perturbation a été de faible intensité. Finalement, six de ces plantations ont été élaguées.

Installation et mesure des placettes permanentes

Les dispositifs ont été installés entre le 22 juillet et le 3 octobre 2002 conformément au protocole du MRN pour l'établissement des placettes permanentes qui sont destinées à la mesure des effets réels des traitements sylvicoles (Prégent 1996). M. Yvon Lévesque, technicien à la Direction de la recherche forestière du MRN, a assuré la formation du personnel de la Forêt modèle en participant sur le terrain à la mise en place des premières unités. Les placettes peuvent être de forme circulaire ($r=11,28$ m), carrée ou rectangulaire mais elles couvrent toutes une superficie équivalente de 400 m². Dans quelques cas, toutes les tiges incluses dans la placette ont été numérotées. Pour éviter l'effet de lisière, nous avons conservé une zone tampon autour de la placette correspondant à la largeur de trois rangées de plants. Le centre des placettes circulaires de même que les coins des placettes carrées ou rectangulaires ont été localisés à l'aide de piquets de plastique. Des étiquettes indiquant les coordonnées de la Forêt modèle ainsi que le numéro de la placette leur ont été apposées. Les plants immédiatement à l'extérieur du périmètre ont finalement été marqués de peinture.

Un collecteur de données de terrain de marque MEMO 4, fourni par la DRF, a été utilisé pour effectuer la saisie des données. Ces appareils une fois programmés facilitent la collecte et la compilation des données à posteriori au moyen du logiciel statistique SAS (Statistical Analysis System). Grâce à cet instrument de travail, une quantité impressionnante d'informations a pu être recueillie. Une première série de champs d'entrée décrit les caractéristiques biophysiques de la station (longitude, latitude, exposition, pente, altitude, drainage, etc.) la suivante les caractéristiques dendrométriques des tiges (essence, hauteur, DHP, etc.) puis une autre enfin la végétation à l'intérieur de la placette (annexe 1). L'utilisateur peut ajouter quelques champs supplémentaires et nous avons profité de l'opportunité pour relever le degré d'infection par la rouille et les dégâts provoqués par le charançon pour chacune des tiges.



À ces données déjà nombreuses, nous avons joint l'enregistrement de plusieurs paramètres écologiques, l'objectif étant de tout mettre en œuvre pour cibler des indices mesurables sur le terrain par les forestiers ou encore à partir des couvertures numériques forestières. Dans chaque placette un pédon a été creusé afin de noter :

- Le type et l'épaisseur de l'humus (si en terrain non agricole)
- La longueur du profil

- La profondeur des mouchetures
- L'épaisseur, la texture et la couleur des horizons minéraux
- La description et la distribution de la pierrosité
- La profondeur d'enracinement

La plupart de ces éléments ont été décrits en utilisant la méthode et les codes suggérés dans le Point d'observation (Saucier et al. 1994). On a aussi relevé la présence du *Ribes* dans un rayon de 300 m de la placette. La région écologique, le type écologique, le numéro de feuillet cartographique, la distance du cours d'eau le plus près et l'environnement immédiat ont été évalués grâce aux cartes forestières géoréférencées et aux photographies aériennes.

Pour connaître l'historique des travaux dans la plantation en ce qui a trait à la préparation de terrain, à l'entretien ou même à l'élagage, on a interrogé directement le propriétaire et, au besoin, l'organisme de gestion en commun du territoire. C'est enfin en contactant la pépinière locale et en interrogeant la base de données du programme de développement forestier de l'Est du Québec (Plan de l'Est), dont dispose la Forêt modèle, que nous avons pu identifier le type, le numéro de stock et la provenance des plants.

La valeur de quinze variables climatiques a été calculée pour chacune des placettes avec l'algorithme BioSim conçu par Régnière (1996) pour le développement de modèles traduisant la dynamique des populations d'insectes. Le logiciel ajuste les données météorologiques des stations locales sélectionnées en introduisant la longitude, la latitude, la pente et l'altitude. Parmi les variables qui suivent, quelques-unes peuvent être dérivées d'une ou plusieurs autres :

- | | |
|--|--|
| — Précipitations totales (PT) | — Radiation totale (RT) |
| — Pourcentage de neige (PN) | — Nombre de jours sous 0 °C (J0) |
| — Indice d'aridité (AI) | — Nombre de jours sous 5 °C (J5) |
| — Déficit de pression de vapeur (DPV) | — Nombre de jours sous 10 °C (J10) |
| — Évapotranspiration potentielle (ETP) | — Nombre de degrés*jour > 0 °C (DJ0) |
| — Température moyenne (TMOY) | — Nombre de degrés*jour > 5 °C (DJ5) |
| — Température minimale (TMIN) | — Nombre de degrés*jour > 10 °C (DJ10) |
| — Température maximale (TMAX) | |

Les analyses ainsi que les figures ont été réalisées au moyen du logiciel SYSTAT. Nous avons par ailleurs utilisé 0,05 comme seuil de signification pour tous les tests statistiques.

Rouille vésiculeuse et charançon du pin blanc



Les résultats obtenus dans les placettes corroborent ceux de la saison précédente alors que les relevés avaient été effectués par virées. En ce qui a trait au charançon du pin blanc, 18 plantations sur 25 (72%) présentent des signes d'attaque de l'insecte et ce sont en moyenne 9,4% des tiges qui sont affectées (attaques de l'année en cours). Toutes les placettes (100%) sans exception sont infectées par la rouille vésiculeuse du pin blanc. Une tige sur cinq l'est au niveau des branches et un moins grand nombre (6,7%) au tronc de sorte que la maladie touche 26,7% des sujets. Dans 64% des cas, on a repéré la présence de *Ribes* à moins de 300 m du centre de la placette.

Indice de qualité de station

Guy Prigent de la Direction de la recherche forestière du MRN, est appelé dans ses travaux à comptabiliser les données provenant de placettes permanentes établies dans des plantations dans le but d'actualiser les courbes de production qu'utilise le ministère des Ressources naturelles du Québec. Les programmes qui ont été mis au point compilent les données dendrométriques recueillies pour calculer, entre autres, des indices de qualité de station et le volume des placettes. Les tables de Bolghari et Bertrand utilisaient la moyenne arithmétique de la hauteur des arbres co-dominants et dominants ce qui équivalait généralement aux 300 plus hautes à l'hectare. L'IQS focalise aujourd'hui sur la hauteur des tiges dominantes du peuplement, ce qui conduit à une estimation légèrement différente. Pour la présente analyse, l'indice de qualité de station a été obtenu à partir de la hauteur des 200 plus hautes tiges à l'hectare et l'âge de référence est de 25 ans. Les connaissances sont très limitées concernant la croissance du pin blanc en plantation de sorte qu'on peut penser que les résultats viendront bonifier les courbes de production actuelles. Les anciennes tables n'avaient été construites qu'avec 59 plantations. La compilation des données emmagasinées par le collecteur MEMO 4 renvoie une image détaillée des plantations qui ont été échantillonnées (Tableau 1). Le taux de survie moyen des plants est de 76,8 %.

Tableau 1 : Statistiques dendrométriques des placettes permanentes

Variable	Minimum	Moyenne	Maximum
Hauteur dominante (m)	2,8	5,3	9,6
Nombre de tiges/ha	1150	1831	2400
Nombre de tiges marchandes/ha	0	384	2025
DHP (cm)	2,1	6,4	15,0
DHP marchand (cm)	9,3	12,3	15,9
Surface terrière totale (m ² /ha)	0,4	8,0	34,0
Surface terrière marchande (m ² /ha)	0,0	5,4	33,2
Volume total (m ³ /ha)	2,1	26,7	132,4
Volume marchand (m ³ /ha)	0,0	15,4	107,2

La gamme d'indices de qualité de station pour les plantations échantillonnées couvre une plage étendue malgré qu'il nous ait été impossible de contrôler cette variable à priori, avec les données disponibles lors de la sélection de l'échantillon. Les valeurs obtenues oscillent entre 5,8 m et 12,8 m (figure 2) ce qui pourrait représenter à maturité un écart en volume aussi important que 60 m³/ha, dépendant de la densité de la plantation. On enregistre une moyenne de 8,3 m, ce qui est légèrement plus faible que la moyenne de Bolghari et Bertrand, et un faible coefficient de variation (20,6%). Ni la présence ni le degré de déprédation par la charançon n'affectent les valeurs de l'indice de station et il en va de même de la propagation de l'infection par la rouille.

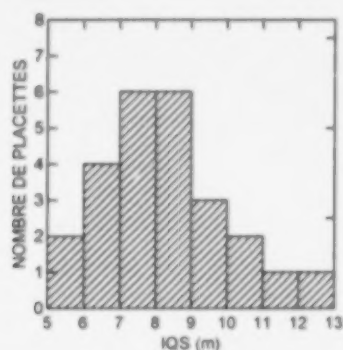


Figure 2 : Distribution des indices de qualité de station dans les plantations de pin blanc échantillonnées

Un grand nombre de variables numériques (29) ont été mises en relation avec l'IQS pour tenter d'en expliquer les variations et d'identifier en fin de compte un outil apte à catégoriser les sites de plantation. À cette fin, on a exploré à la fois les modèles linéaires et non-linéaires en appliquant des transformations appropriées aux différentes variables. De toute évidence, on ne peut se tourner vers aucun des paramètres liés au sol ou à la topographie du site pour prévoir l'indice de qualité de station.

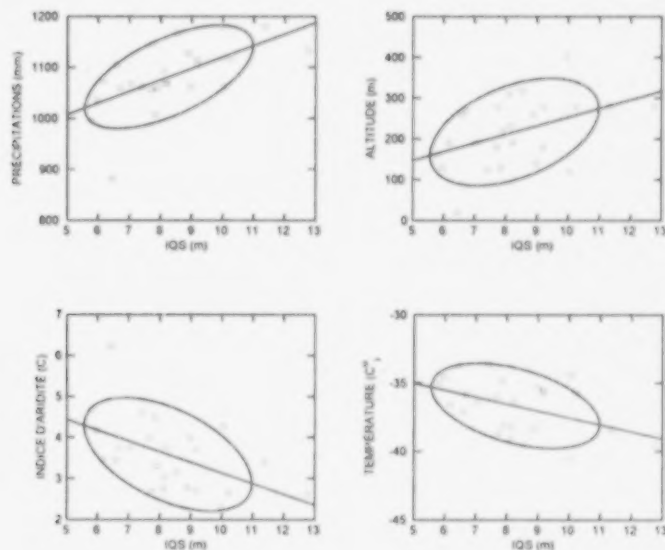


Figure 3 : Facteurs écologiques et indice de qualité de station

En revanche, comme l'illustre la figure 3, les meilleures corrélations ont été enregistrées avec les précipitations totales ($R=0,60$), l'indice d'aridité ($R=-0,51$) et la température minimale ($R=-0,44$), trois paramètres climatiques calculés à l'aide de l'algorithme BioSim, et l'altitude de la station ($R=0,44$). Nous avons eu recours à la procédure stepwise du logiciel statistique SYSTAT qui suggère les modèles multivariés les plus performants. Le modèle combinant les précipitations totales, la température minimale et l'altitude la station parvient à prédire (figure 4) les valeurs de l'IQS avec une relative précision ($R^2=0,40$) et des résidus non biaisés. Seules les précipitations totales ont cependant un effet significatif ($p=0,020$), les rendements croissant avec les précipitations.

Déjà plusieurs chercheurs se sont penchés sur la possibilité de modéliser l'indice de qualité de station. Une étude réalisée par Ung et al. (2001) a permis de tester le potentiel d'une variable édaphique (capacité de rétention en eau du sol) et de quatre variables climatiques (DVP, PT, IA, DJ) générées par l'algorithme BioSim afin de prédire l'indice de qualité de station de quelques espèces tolérantes et intolérantes. Il rapporte des R^2 variant entre 0,54 et 0,72 pour les différents modèles mis à l'essai. Par ailleurs, toutes ces variables ont été trouvées significatives à l'exception de DVP et PT pour le peuplier faux-tremble et de DVP et IA pour le bouleau blanc. Chen et al. (2002) sont parvenus à l'aide d'un modèle à régressions multiples intégrant diverses données d'analyses de tiges, ainsi que des variables représentatives du climat, de la topographie et du sol, à expliquer 82 % des variations de l'indice de station pour le peuplier faux-tremble. Ceux-ci recommandent l'utilisation de ce modèle mathématique pour la Colombie-Britannique. Cette étude aura nécessité la compilation de données provenant de 142 peuplements. Il faut reconnaître qu'ici nous ne disposons que d'un échantillon de taille très réduite pour conduire de telles analyses ce qui influence nécessairement les résultats à dessein de modélisation. De plus, lorsque l'on travaille avec des plantations plutôt qu'avec des peuplements naturels, il se pourrait qu'il soit plus difficile de bâtir ce genre de relations car de nouveaux facteurs s'ajoutent à l'équation : le type de sol et son statut nutritif (friche appauvrie, etc.), la qualité de la préparation de terrain, l'entreposage et le transport des plants, les conditions climatiques des premières semaines après leur mise en terre, etc.

Notre intention n'est pas de prédire de façon absolue les valeurs de l'indice de qualité de station à l'aide d'un modèle mathématique mais plutôt d'orienter les décisions en matière d'interventions dans les plantations de pin blanc existantes ou pour localiser les nouveaux reboisements. BioSim, couplé à un système géographique à référence spatiale, permet de produire des cartes pour la plupart des variables climatiques, dont les précipitations totales, qui pourraient s'avérer un moyen simple pour discriminer les secteurs les moins productifs (Figure 5).

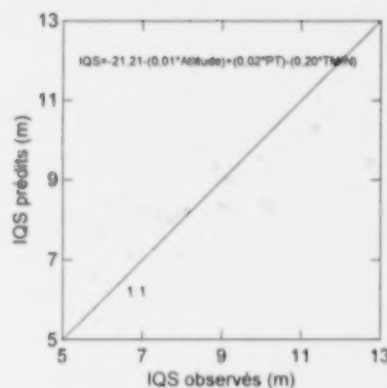


Figure 4 : Prédiction de l'indice de qualité de station du pin blanc dans les plantations du BSL, à partir des précipitations totales, de la température minimale et de l'altitude de la station

Fait qui abonde en ce sens, des études réalisées récemment au Québec indiquent que les plantations situées sur les sites à bon rendement seraient moins sujettes au charançon (Alfaro et Lavallée 1998).

Plusieurs variables nominales (18) ont également été prises en compte dans notre analyse. Malheureusement, de tous ces tests il ressort peu de différences significatives au niveau de l'IQS. Nous avons certes pu vérifier l'influence de la provenance des plants ($p=0,023$) et du type de préparation de terrain ($p=0,031$) sur l'indice de station du pin blanc. Mais ces variables ne sauraient être d'une grande utilité pour définir une clé d'aide à la décision. Puisque la plupart des sites étudiés présentaient un bon drainage, cette variable n'est pas ressortie comme un indicateur valable pour reconnaître les sites les plus fertiles en dépit de la sensibilité bien connue des pins à l'endroit du régime hydrique dans le sol.

La subdivision territoriale des unités d'aménagement (UA) apporte par contre un éclairage supplémentaire en mettant bien en évidence la variabilité spatiale des indices qualité de station dans la zone d'étude ($p=0,010$) et ce malgré que le gradient des IQS dans l'axe de la latitude ou de la longitude soit irrégulier. Des compilations effectuées sur la base des unités d'aménagement tendent à confirmer les observations faites précédemment quant à PT, IA, TMIN et l'altitude des stations et démontrent ainsi le bien-fondé d'utiliser des cartes représentatives du climat ou de l'élévation pour orienter les choix futurs. Pour plus de certitude, nous avons étendu les analyses aux 57 plantations échantillonnées durant l'été 2001, sans que nous ayons toutefois les données de l'indice de qualité de station pour chacune d'elles. En se basant sur les valeurs du tableau 2, les gestionnaires du programme d'aménagement pourraient décider, par exemple, d'accorder préséance à certaines unités d'aménagement advenant des contraintes budgétaires lors de la mise en œuvre du plan d'action. Avec un plus grand nombre de points de référence à l'intérieur du périmètre de chaque unité d'aménagement, il sera possible de mieux les caractériser éventuellement.

Tableau 2 : Sommaire des compilations par unité d'aménagement

UA	Nombre de plantations	IQS (m)	PT (mm)	IA	TMIN (C°)	Altitude (m)	Infection par la rouille (%)	Tiges affectées par le charançon (%)
121	5	7,3	1080,8	3,6	-37,5	230	13,0	12,4
122	1	-	1168,6	2,3	-38,7	330	10,0	29,0
123	8	10,3	1133,8	2,9	-38,9	299	41,1	29,5
124	11	8,0	1077,0	3,7	-35,8	169	21,4	11,9
125	22	7,5	1054,4	3,7	-37,0	193	30,2	8,3
126	4	10,2	1128,0	3,1	-36,6	280	19,5	0,0
128	1	-	1195,7	2,2	-38,5	350	60,0	6,0
133	6	-	1050,7	4,3	-35,6	150	16,2	1,2
p	-	0,010	0,018	0,013	0,001	0,001	0,030	0,036
n	57	25	57	57	57	57	57	57

Bien que le taux d'infection par la rouille vésiculeuse et le degré d'infestation par le charançon soient visiblement très différents entre les unités d'aménagement, il ne ressort aucune relation entre ces variables et les données climatiques. Par ailleurs, selon nos observations, l'indice de qualité de station n'est influencé ni par la rouille ni par le charançon.



Figure 5 : Carte produite sur ArcView à partir des valeurs générées par BioSim et présentant la répartition des précipitations dans le BSL



ORIENTATIONS STRATÉGIQUES

L'engouement pour le pin blanc est palpable présentement un peu partout en Amérique, le phénomène n'est donc pas unique au Bas-Saint-Laurent. Un atelier organisé par le ministère des ressources naturelles de l'Ontario qui s'est déroulé en Ottawa en mars 2003 et ayant pour thème la rouille vésiculeuse du pin blanc a attiré près de 80 participants du Canada et des États-Unis. Dans notre région, où le pin blanc était autrefois abondant, il ne reste que très peu de peuplements purs contrairement à d'autres coins de la province comme dans l'Outaouais. Chez nous l'essence se retrouve donc principalement en plantation avec tous les problèmes qui y sont associés, notamment la rouille, le principal obstacle à surmonter.

On ne peut penser éliminer la rouille vésiculeuse du pin blanc, celle-ci fait maintenant partie de la réalité forestière. Par contre, on connaît aujourd'hui des moyens efficaces pour contrôler la propagation de cette maladie. Geils (2001) décrit la période actuelle comme le début d'une nouvelle ère dans l'histoire de la rouille vésiculeuse, faisant suite à un épisode d'éradication intensive du *Ribes*, une période où selon lui il faut s'adapter à la situation. Si notre région a véritablement à cœur de maintenir cette essence dans le paysage forestier, nous sommes en mesure d'y arriver. Mais le succès d'une telle entreprise n'est vraiment envisageable que sous certaines conditions comme par exemple de :

- Mettre sur pied et maintenir un programme structuré
- Y consentir des budgets suffisants
- Faire preuve de rigueur et de ténacité dans son application
- Partager les responsabilités entre les principaux acteurs régionaux
- Mettre en place un mécanisme de suivi pour évaluer l'efficacité des méthodes
- Procéder aux ajustements nécessaires à la lumière des résultats obtenus

Comme nous en avons fait mention dans le rapport de la phase I (Belleau et al. 2002), que ce soit pour lutter contre la rouille ou contre le charançon, la formule idéale consiste à instaurer un système d'aide à la décision qui combinent divers éléments dont les techniques sylvicoles, la détermination des zones à risque, l'utilisation de matériel génétique résistant, etc. Nous ne disposons pas à ce stade des informations requises dans le but de mettre sur pied un tel système pour le pin blanc, cependant les mesures suggérées plus loin en sont en quelque sorte le prélude.

Un programme devra être élaboré pour coordonner adéquatement les actions. Celui-ci doit prévoir un ensemble de mesures touchant l'inspection et le traitement des plantations actuelles, des directives pour orienter les nouveaux reboisements et le transfert des connaissances vers le praticien. Il sera livré par l'intermédiaire du programme d'aménagement forestier en vigueur en forêt privée. Les traitements de contrôle devront faire partie intégrante des prescriptions sylvicoles et seront ainsi appliqués de façon systématique à toutes les plantations de pin blanc. La procédure générale doit permettre de satisfaire autant les exigences en matière de traitement de la rouille, au premier plan, que de contrôle du charançon. Pour que le programme soit viable, on doit faciliter les opérations et tendre le plus possible à réduire la durée et la fréquence des interventions, quitte peut-être à concéder un peu d'efficacité. Il aurait été avantageux de pouvoir intervenir à un même moment pour traiter simultanément les deux agents mais plusieurs facteurs de nature biologique s'opposent à cette formule.

L'Agence régionale aura à parachever la structure du programme sur la base des recommandations qui suivent, émanant des connaissances de pointe dans le domaine, et à assurer sa coordination. Cela signifie d'identifier les priorités, de fixer des modalités de fonctionnement et les taux correspondants. Elle devra veiller à ce qu'une

formation adéquate soit dispensée à tous les agents livreurs et elle pourra pour cela compter sur le support de la Forêt modèle et des spécialistes du milieu scientifique. Pour un maximum d'efficacité, vu les connaissances requises pour émettre un diagnostic valable relativement à la rouille vésiculeuse, toutes les interventions ayant trait à cette maladie devraient relever exclusivement des agents livreurs. Dans cette optique, une équipe spécialisée pourrait être constituée et maintenue dans chacun des points de service à même le personnel existant. Cette équipe aura aussi pour mandat de former et d'encadrer les propriétaires de plantations afin que ceux-ci puissent effectuer eux-mêmes les inspections et les traitements pour maîtriser le charançon. Comme nous le verrons plus loin, le succès dans le contrôle du charançon exige un effort soutenu pendant plusieurs années, une exigence que seul un propriétaire véritablement intéressé est à même de rencontrer. Pour cette raison, nous croyons que les propriétaires inscrits à l'aide individuelle en forêt privée devraient être favorisés pour participer à un tel programme. L'Agence prévoira une aide financière pour que les agents livreurs puissent s'équiper d'outils de qualité et en quantité suffisante pour mener les opérations d'élitage et d'étêtage. Certains de ces instruments seront mis à la disposition des propriétaires.

Modalités actuelles du cahier d'instructions techniques

Quelques passages du cahier d'instructions techniques de l'Agence régionale de mise en valeur des forêts privées du Bas-Saint-Laurent traitent du pin blanc, en voici l'essentiel.

Le reboisement de cette espèce est permis dans les friches ou dans les bûchés mais seulement en association avec d'autres essences résineuses, à l'exception de l'épinette de Norvège, et à raison de 625 pin blanc/ha environ (4m X 4m). On mentionne aussi que le pin blanc peut être reboisé sous couvert.

L'élitage pour traiter la rouille vésiculeuse est admissible dans les plantations offrant un bon potentiel d'avenir et à condition qu'au moins 5% des tiges soient infectées. On recommande l'utilisation de sécateurs ou de scies à élaquer et de stériliser les instruments lorsqu'ils ont été en contact avec une partie contaminée. L'opération doit être effectuée entre novembre et février inclusivement. On élague au moins le tiers du houppier, la hauteur d'élitage recherchée étant de 1,5 m. Lorsque cette prescription est irréalisable, l'aide financière est proportionnelle au pourcentage du 1,5 m qui a été élagué.

L'étêtage des fleches terminales est admissible dans les plantations affectées l'année courante par le charançon à condition que le pourcentage de tiges touchées se situe entre 5% et 15%. Le traitement peut débuter au début de juillet et s'étendre tout le mois. La taille de sélection des pousses est suggérée l'année même. Seulement 2 traitements sont acceptés pour la vie de la plantation.

D'autres recommandations orientent enfin le choix de l'essence en fonction des caractéristiques de sol (annexe III du cahier).

Les experts consultés suggèrent de revoir quelques-unes des affirmations contenues dans le cahier d'instructions techniques et ils recommandent même d'exclure certains passages du document comme nous le verrons plus loin.

Soins aux plantations existantes

Lors de la première phase du projet, nous avons répertorié environ 1000 plantations ayant des proportions variables de pin blanc à travers le Bas-Saint-Laurent. Les premières plantations ont été réalisées en 1962, il y a plus de 40 ans maintenant. Le groupe des plantations âgées de 8 et 9 ans est de loin le mieux représenté. Cet âge est

tout indiqué pour entreprendre des traitements de contrôle de la rouille vésiculeuse et on croit qu'il puisse aussi convenir pour maîtriser le charançon. Des relevés effectués dans 57 plantations à l'été 2001 ont permis de constater que la rouille était présente dans tous les cas. Cette situation justifie que l'on prenne rapidement des dispositions pour sauvegarder notre investissement.

L'Agence devra d'abord créer un registre des plantations à partir des données existantes du MRN pour pouvoir les localiser géographiquement et planifier ultérieurement les interventions. Celui-ci devrait aussi inclure les plantations d'épinette de Norvège, de potentiels foyers d'infestation à considérer lors de la sélection des sites à visiter. La Forêt modèle produira différentes cartes climatiques de la région à l'aide du logiciel BioSim, des outils qui permettront de donner priorité aux secteurs les plus productifs étant donné que les ressources seront probablement limitées.

Toutes les plantations de moins de 9 ans devraient être systématiquement visitées au cours des 4 prochaines années en éliminant de la liste celles où le pin blanc est en trop faible proportion (<10% par exemple). Nous proposons d'adopter une procédure simple pour évaluer l'état général de la plantation et déterminer la pertinence du traitement. On préparera à cet effet un formulaire qui servira à recueillir un certain nombre de données utiles dans le cadre du suivi. Simultanément, en parcourant la plantation, on estimera de façon oculaire deux critères avant d'autoriser la cure. L'étendue des dégâts annuels par le charançon devra se situer en dessous de 15%, seuil à partir duquel la situation est jugée hors de contrôle. De plus, la proportion de tiges infectées au tronc ou mortes des suites de la rouille devra être inférieure à 25%. La littérature ne fait mention d'aucune balise ayant pour effet de déclasser une plantation en vue d'un traitement contre la rouille vésiculeuse. Toutefois, vu le grand nombre de plantations à traiter, nous avons jugé pertinent d'éliminer les secteurs les plus touchés en fixant un seuil de façon arbitraire et cette valeur pourra être révisée au besoin. Ainsi, dès que l'une des conditions qui précèdent sera rencontrée, l'intervention est déconseillée.

a) Contrôle de la rouille

Si un traitement est prescrit, on recommande l'élagage systématique de toutes les tiges de la plantation, sauf celles affectées au tronc. On peut ainsi élaguer la moitié des verticilles jusqu'à une hauteur de 2 m ou jusqu'au 2/3 des verticilles sur les plus petits arbres (Gaston Laflamme comm. Pers. 2003). On coupera par la suite toutes les autres tiges de pin blanc mortes ou infectées au tronc. Cette dernière opération est désignée par la coupe d'assainissement dans le cahier d'instructions. Elle est inefficace pour contrôler la maladie si elle n'est pas accompagnée d'un élagage. Pour cette raison, précisément pour le pin blanc, il est suggéré de combiner ces deux interventions dans une prochaine version du cahier d'instructions techniques. La suppression des branches basses réduit le nombre de portes d'entrée pour la rouille mais cela permet aussi une meilleure aération du sous-étage et la pénétration du soleil. L'élagage a aussi pour bienfait de rehausser la qualité du produit final. Il est inutile de désinfecter les instruments ce qui rend l'opération plus simple. Il s'agit là d'une modification importante à apporter au cahier d'instructions car l'opération s'en trouve facilitée. Il n'y a pas non plus de période ciblée pour effectuer l'élagage, mieux vaut profiter de toute la saison d'opération en utilisant des outils bien affûtés étant donné la fragilité de l'écorce à certaines périodes. Toutes les branches élaguées et les arbres coupés peuvent être laissés sur le parterre forestier sans danger d'infection pour les arbres résiduels.

Pour différentes raisons, les plantations plus âgées pourront être traitées plus tard, si toutefois les conditions le permettent. De fait, la rouille tue d'abord les jeunes arbres de sorte que si de vieilles plantations sont toujours sur pied, il est probable qu'elles aient été épargnées. Aussi, pour un contrôle efficace du charançon, il est indispensable d'intervenir relativement tôt dans la vie d'une plantation. Enfin, on peut aussi s'attendre à des dégâts plus importants chez ce groupe de plantations et des difficultés à appliquer les traitements vu la hauteur des tiges.

b) Contrôle du charançon

On recommande aussi d'amorcer la série d'interventions pour contrôler le charançon. La période de contrôle du charançon est critique puisque l'éêtage sanitaire des sujets frappés doit se faire avant l'émergence de la nouvelle génération d'adultes. Cette période varie annuellement et ne peut être fixée à l'avance. Certaines années, le contrôle sera effectué à la mi-juillet alors que d'autres années il surviendra à la mi-août. Il est donc important de se référer à un indicateur phénologique fiable. Ainsi, effectuer la coupe au moment où les framboises sauvages commencent à atteindre leur maturité permet d'intervenir avant l'émergence des adultes et au moment où les symptômes d'attaque sont bien visibles. On dispose alors d'environ 2 semaines pour effectuer les travaux. On comprend pourquoi il est impossible de combiner l'intervention d'élagage (rouille) avec celle d'éêtage (charançon) en une seule et même opération.

Un éêtage bien fait se traduit par une baisse substantielle et constante du nombre de flèches affectées. Il est donc impératif de poursuivre le travail d'éêtage durant au moins 5 à 6 années soit jusqu'à ce que la flèche terminale soit hors de portée d'un ouvrier muni d'un sécateur à perche (une hauteur de 20 pieds ou 6,0 m). Le charançon n'a alors plus aucun impact sur la qualité de la tige et une bille de 16 pieds (2,44 m) a été sauvegardée. Il est suggéré de faire les tailles de correction à chaque année qui suit un éêtage. Dans la plupart des cas, les tailles se limitent à prélever la branche qui cause une fourche et qui est en compétition avec la flèche terminale dominante. Il n'est pas utile de retirer les pousses latérales des autres branches et, de plus, nombreuses sont les tiges qui se corrigeront d'elles-mêmes. On élimine les pousses affectées en les brûlant dans les meilleurs délais.

Nouveaux reboisements

Choix du site

L'emplacement des nouvelles plantations est un facteur déterminant pour réduire la vulnérabilité des plants face à la rouille. Il faut rechercher un microclimat qui ne favorise pas l'infection. Le premier constat est que jusqu'à maintenant la presque totalité des plantations de pin blanc ont été localisées sur d'anciennes terres agricoles avec le succès que l'on connaît. En plus d'un appauvrissement généralisé du sol, ces sites abritent souvent d'abondantes colonies de *Ribes*. Pour ces raisons, il serait peut-être pertinent d'orienter davantage à l'avenir le reboisement du pin blanc vers le milieu forestier, suite aux coupes, plutôt que dans les friches.

On sait par ailleurs que les spores de la rouille prolifèrent lorsque l'environnement est frais et humide. Certains règles bien connues doivent d'être observées lors de la sélection d'un site pour le pin blanc comme en fait mention l'annexe III du cahier d'instructions techniques de l'Agence. Ainsi, il faut éviter les bas de pente, les vallées où la circulation de l'air est difficile, les sols à mauvais drainage et la proximité des cours d'eau. Une compétition végétale dense autour des tiges contribue à maintenir un taux d'humidité élevé, favorable à la propagation de la maladie et où foisonnent le *Ribes* (Pomerleau 1969). Pour le pin blanc, plus que pour toute autre essence peut-être, un entretien fréquent de la plantation est souhaitable. Il pourrait être judicieux de revoir les éléments de diagnostic et la fréquence des entretiens admissibles dans le cahier d'instructions techniques pour tenir compte de cette particularité.

On doit aussi se préoccuper du rendement de la plantation. À ce chapitre, il serait intéressant de mettre en pratique les observations faites entre les indices de qualité de station et certains paramètres climatiques pour donner priorité aux territoires ou propriétés jouissant de meilleures conditions de croissance. Les cartes climatiques pourront

également s'avérer un outil efficace pour le travail des responsables de l'Agence qui auront à trier les demandes de reboisement des divers agents livreurs en repérant les zones à risque où l'air ambiant est plus humide. La sélection des sites où la croissance est optimale a pour conséquence directe de réduire l'impact du charançon : souvent une courte fleche terminale est complètement détruite par le charançon et ce dernier s'attaque alors au verticille inférieur.

Disponibilité en plants

Entre 1962 et 1989, il s'est reboisé un peu plus de 252 000 plants de pin blanc dans la région du Bas-Saint-Laurent soit environ 9 000 plants annuellement. Depuis, le niveau de reboisement a considérablement fluctué au fil des ans, mais les quantités sont demeurées faibles vu la multiplicité des problèmes rencontrés avec cette essence. La pépinière de St-Modeste est responsable de l'approvisionnement en pin blanc pour toute la région et présentement la production annuelle est de l'ordre de 35 000 semis : de quoi reboiser tout au plus 56 hectares avec un espacement de 4 m. La totalité de cette production est mise en terre en forêt privée.

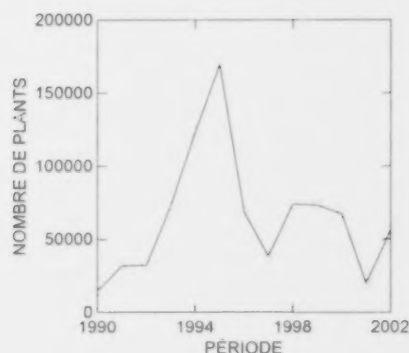


Figure 6 : Évolution du nombre de plants de pin blanc reboisés dans le Bas-Saint-Laurent entre 1990 et 2002 (Données fournies par l'Agence régionale de mise en valeur de la forêt privée)

De manière à intensifier l'effort de reboisement, il est essentiel d'augmenter la production. Les plants devant séjourner 4 années en pépinière, il faudrait dès maintenant modifier le carnet de commande d'autant plus que les graines de cette essence ont besoin d'une période de stratification de plusieurs semaines pour accroître le taux de germination. Cette attente bien nécessaire est une occasion à saisir pour tester l'applicabilité des procédures d'entretien suggérées plus haut dans les plantations existantes avant de lancer définitivement un programme.

Rappelons que des tests de descendance sont en cours dans des plantations expérimentales situées sur les seigneuries d'Abitibi-Consolidated en vue d'évaluer, entre autres, les propriétés d'un grand nombre de souches de pin blanc dont la résistance à la rouille. On travaille aussi à mettre au point au Québec des agents de biocontrôle.

Prescription de reboisement

On peut envisager de poursuivre avec les modalités actuellement en vigueur dans le cahier d'instructions jusqu'à l'obtention des réponses attendues de la période de mise à l'essai des mesures de contrôle. Mais ces directives ne

résultent pas en un arrangement spatial des plants qui facilite subséquemment les inspections et les interventions sanitaires. On doit tenter de répondre à deux objectifs par le reboisement du pin blanc :

1. produire du bois d'œuvre de qualité;
2. contribuer au maintien de la biodiversité;

Des attentes n'étant pas pleinement conciliables et qui mènent ici à des recommandations différentes.

Dans le premier cas, la plupart des auteurs proposent de recourir au reboisement sous couvert. La présence du couvert réduit l'occurrence de rosée sur les aiguilles qui est favorable à l'émergence de la rouille. Un couvert fermé serait aussi peu propice au charançon. Idéalement, on recherchera une canopée dont le degré de couverture varie entre 40 à 50 % (Katovich et Mielke, 1993). Le pin blanc est en effet capable de survivre dans des conditions où le couvert ne laisse filtrer que 20% de l'ensoleillement, mais sa croissance en hauteur sera maximale lorsque cette valeur est de l'ordre de 45 % (Wendel et Clay Smith 2000). Il faut donc être conscient qu'un reboisement de pin blanc sous couvert improprement planifié risque de compromettre la croissance des plants.

Si le couvert est absent, il a été démontré qu'il était possible de réduire les problèmes de charançon en reboisant le pin blanc avec d'autres essences. On optera pour celles qui ont une croissance rapide et par conséquent qui produiront en quelques années un effet de couvert. L'espacement entre les plants doit être de 2,5 m ou moins (Alfaro et Lavallée 1998, Katovich et Mielke 1993) pour stimuler la croissance en hauteur et résorber rapidement les déformations causées par le charançon. Lorsque cela est réalisable, on conservera certaines tiges résiduelles pour faire ombrage. Mais quelque soit l'approche retenue, nous suggérons de revenir à des proportions plus importantes de pin blanc (1250 plants/ha) contrairement à ce qui est actuellement permis au cahier d'instructions techniques. On doit aussi éviter de reboiser cette essence dans des trouées où le diamètre est inférieur à la hauteur des arbres avoisinants. Les pins blancs devraient être disposés en rangée ou en alternance parmi les autres essences. Les nouvelles plantations devraient en outre couvrir une superficie limitée pour que leur entretien puisse être réalisé dans des temps et moyennant des efforts raisonnables.

Si c'est plutôt du maintien de la biodiversité dont il est question, un reboisement de plus faible densité est une des avenues à exploiter. Louis Labrecque, de la direction régionale du MRN, songe à instaurer dès le printemps 2004 une pratique qui va dans ce sens et qui consiste à insérer dans les ballots de plants résineux entre 2 et 3% de pins blancs. On exclut forcément toute forme de contrôle de la rouille ou du charançon pour ces plants et on doit plutôt miser sur leurs probabilités de survie.

Calendrier d'inspection et de contrôle

Les nouvelles plantations de pin blanc viendront s'ajouter aux plantations existantes dans la banque de données de l'Agence avec les données descriptives correspondantes. Rappelons que pour des raisons économiques, la procédure que nous suggérons vise à réduire le plus possible la fréquence des interventions, tout en satisfaisant les exigences en matière de contrôle de la rouille et du charançon. Les seuils de rejet de 15% et 25% énoncés plus haut pour l'un et l'autre agent ne sont plus effectifs pour les nouvelles plantations étant donné l'âge hâtif auquel débute les activités de suivi (Figure 7). Les techniques de contrôle demeurent essentiellement les mêmes.

a) Rouille vésiculeuse

On recommande que le premier élagage soit réalisé vers l'âge de 6 ans jusqu'à une hauteur d'environ 1,5 m en prélevant au plus les 2/3 des verticilles vivants du houppier chez les arbres les plus petits. Certains auteurs suggèrent de débiter les élagages dès l'âge de 4 ans même si les plants ont moins de 1,0 m de hauteur

(Nicholls et Anderson, 1977) alors que pour d'autres le seuil est fixé à 5 ans (Katovich et Mielke, 1993). Pour sa part, Lavalée (1992) préfère parler d'un âge plus avancé mentionnant qu'entre 5 et 7 ans les pins meurent rapidement s'ils sont atteints. Mais quoiqu'il en soit, il est essentiel que la plantation ait atteint à ce moment le stade de libre croissance. Le second et dernier élagage devrait avoir lieu 10 ans plus tard selon Nicholls et Anderson (1977). Gaston Laffamme du SCF précise toutefois que pour la région des Appalaches, la période d'attente idéale se situerait davantage aux alentours de 4 à 6 ans. La hauteur du second élagage devrait atteindre entre 2,5 m et 3,0 m. Nombreux sont les auteurs américains à fixer la hauteur minimale de l'élagage pour fin de contrôle de la rouille vésiculeuse à 9 pieds (2,7 m) et la hauteur optimale à 17 pieds (environ 5 m), ceci dans l'optique d'obtenir une bille de 16 pieds de longueur. Les hauteurs d'élagage qui précèdent sont mentionnées à titre indicatif seulement. Dans les faits, c'est la hauteur des infections qui détermine la prescription d'élagage devant être appliquée tout en conservant une proportion acceptable de cime vivante résiduelle. Tout ceci confirme une fois de plus le bien-fondé de confier les travaux reliés à la rouille à une équipe spécialisée ayant pour point d'attache chacun des agents livreurs.

On suggère enfin à chaque élagage de procéder à l'éradication ou à l'application d'herbicides sur tout groseillier situé dans un rayon de 300 m à 500 m de la plantation. La proximité et la quantité de *Ribes* dans et autour de la plantation demeurent les principaux facteurs liés au progrès de la rouille vésiculeuse surtout si la plantation est à l'abri des circulations d'air (Lavalée 1992). Des efforts d'éradication systématique comme ceux que rapportent Pomerleau (1969), parviennent à faire chuter les risques de façon substantielle. Il est vrai qu'on a remis en question l'efficacité d'un important programme d'éradication qui s'est déroulé aux États-Unis entre 1917 et la fin des années 70 et ayant atteint son apogée durant la dépression. Par contre, on lui attribue le faible niveau d'infection qui prévaut actuellement dans certains états américains (Lombard et Bolinger 1999). Réalisée à l'échelle d'une plantation, par son propriétaire ou des ouvriers qualifiés, on peut espérer des effets bénéfiques de cette technique pour des efforts modérés. Il pourrait même être envisagé d'allouer une prime aux propriétaires-fiches parmi les participants au programme sur présentation de plants éradiqués.



Figure 7. Calendrier de surveillance et de contrôle des nouvelles plantations de pin blanc

(Nicholls et Anderson, 1977) alors que pour d'autres le seuil est fixé à 5 ans (Katovich et Mielke, 1993). Pour sa part, Lavallée (1992) préfère parler d'un âge plus avancé mentionnant qu'entre 5 et 7 ans les pins meurent rapidement s'ils sont atteints. Mais quoiqu'il en soit, il est essentiel que la plantation ait atteint à ce moment le stade de libre croissance. Le second et dernier élagage devrait avoir lieu 10 ans plus tard selon Nicholls et Anderson (1977). Gaston Laflamme du SCF précise toutefois que pour la région des Appalaches, la période d'attente idéale se situerait davantage aux alentours de 4 à 6 ans. La hauteur du second élagage devrait atteindre entre 2,5 m et 3,0 m. Nombreux sont les auteurs américains à fixer la hauteur minimale de l'élagage pour fin de contrôle de la rouille vésiculeuse à 9 pieds (2,7 m) et la hauteur optimale à 17 pieds (environ 5 m), ceci dans l'optique d'obtenir une bille de 16 pieds de longueur. Les hauteurs d'élagage qui précèdent sont mentionnées à titre indicatif seulement. Dans les faits, c'est la hauteur des infections qui détermine la prescription d'élagage devant être appliquée tout en conservant une proportion acceptable de cime vivante résiduelle. Tout ceci confirme une fois de plus le bien-fondé de confier les travaux reliés à la rouille à une équipe spécialisée ayant pour point d'attache chacun des agents livreurs.

On suggère enfin à chaque élagage de procéder à l'éradication ou à l'application d'herbicides sur tout groseillier situé dans un rayon de 300 m à 500 m de la plantation. La proximité et la quantité de *Ribes* dans et autour de la plantation demeurent les principaux facteurs liés au progrès de la rouille vésiculeuse surtout si la plantation est à l'abri des circulations d'air (Lavallée 1992). Des efforts d'éradication systématique comme ceux que rapportent Pomerleau (1969), parviennent à faire chuter les risques de façon substantielle. Il est vrai qu'on a remis en question l'efficacité d'un important programme d'éradication qui s'est déroulé aux États-Unis entre 1917 et la fin des années 70 et ayant atteint son apogée durant la dépression. Par contre, on lui attribue le faible niveau d'infection qui prévaut actuellement dans certains états américains (Lombard et Bofinger 1999). Réalisée à l'échelle d'une plantation, par son propriétaire ou des ouvriers qualifiés, on peut espérer des effets bénéfiques de cette technique pour des efforts modérés. Il pourrait même être envisagée d'allouer une prime aux propriétaires fichés parmi les participants au programme sur présentation de plants éradiqués.

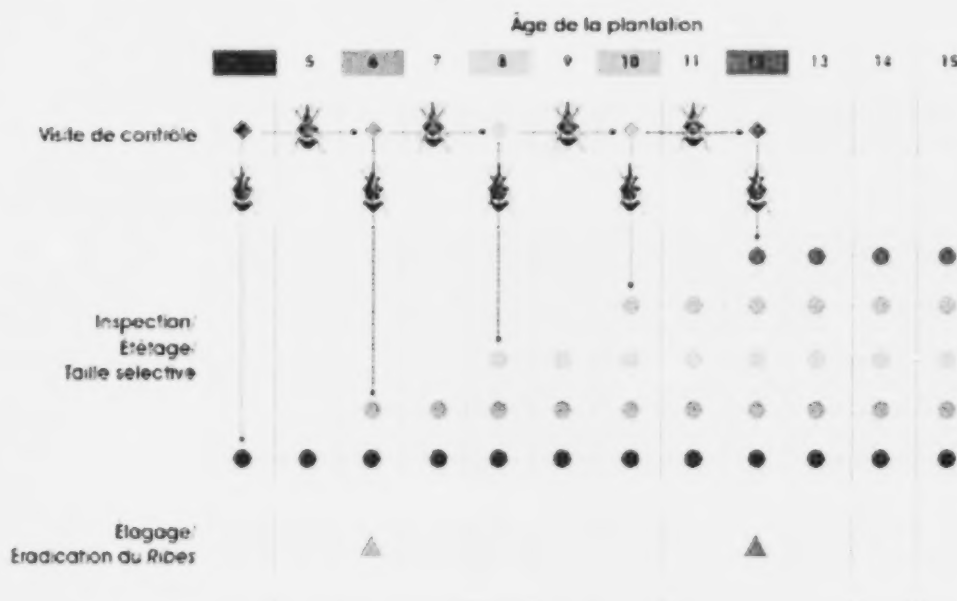


Figure 7 : Calendrier de surveillance et de contrôle des nouvelles plantations de pin blanc

b) Charançon du pin blanc

La période de traitement du charançon est critique puisque l'étéage sanitaire des sujets frappés doit se faire avant l'émergence de la nouvelle génération d'adultes. Cependant, celle-ci varie annuellement et ne peut être fixée à l'avance. Certaines années le contrôle sera effectué à la mi-juillet alors que d'autres années, il se fera à la mi-août. Il est alors important de s'en remettre à un indicateur phénologique fiable qui sera en relation avec nos travaux sanitaires. Ainsi, effectuer la coupe au moment où les framboises sauvages commencent à atteindre leur maturité permet d'intervenir avant l'émergence des adultes et au moment où les symptômes d'attaque sont bien visibles. L'Agence pourrait transmettre un avis aux agents livreurs au moment opportun de chaque année, leur fournissant la liste des plantations exigeant un suivi et leur rappelant de contacter les propriétaires concernés s'il y a lieu.

Quelques observations faites à l'été 2001 nous indiquent que le charançon est susceptible de faire son apparition dès le tout jeune âge de la plantation (Figure 8). Pour cette raison, nous croyons que le suivi devraient débuter à partir de la sixième année. On aura aussi avantage à jumeler, en autant que la chose soit réalisable, les visites de contrôle ayant pour but de vérifier la présence du charançon avec les inventaires destinés à évaluer le besoin de dégagement de la plantation. Aussitôt l'insecte détecté, on devra entreprendre la procédure d'assainissement (inspection/etéage/taille sélective) qui sera répétée à chaque année (productivité de 0,5 ha/h/pers si le taux d'infestation = 1 %) jusqu'à ce que la plantation atteigne une hauteur « refuge », c'est à dire une hauteur où le charançon n'aura plus d'impact négatif sur la qualité du tronc. Le nombre d'années nécessaires dépend donc du moment où débutera le traitement et de la rapidité de croissance du pin blanc, comme nous l'avons mentionné à la section traitant des soins aux plantations existantes, d'où l'intérêt de sélectionner les sites où la croissance en hauteur est optimale. Ainsi, bien que le calendrier (Figure 7) propose d'étaler la procédure d'assainissement jusqu'à la quinzième année, stade où selon nos données les arbres attendraient une hauteur de près de 6 m, c'est la hauteur réelle des arbres qui déterminera la durée du traitement. D'un autre côté, il pourrait être envisageable de stopper les traitements à compter de la douzième année puisqu'à cet âge les plantations semblent présenter moins d'attrait pour le charançon, une affirmation qui demande cependant à être confirmée.

Les tailles de correction doivent être effectuées à chaque année qui suit une opération d'etéage. Dans la plupart des cas, les tailles se limiteront à prélever la branche qui cause une fourche et qui entre en compétition avec la flèche terminale dominante. Il n'est pas utile de retirer les pousses latérales des autres branches et, de plus, nombreuses sont les tiges qui se corrigeront d'elles-mêmes. On élimine enfin les pousses coupées en les brûlant sans attendre.

On estime après cette cure que la plantation sera hors de danger. L'éclaircie précommerciale ne surviendra pas avant l'âge de 25 ans et le type d'éclaircie qui consiste à éliminer des rangées complètes est à proscrire.

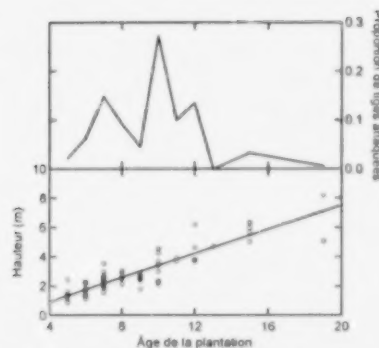


Figure 8 : Niveau d'attaque du charançon et hauteur des tiges selon l'âge des plantations de pin blanc visitées à l'été 2001

Protection des dominants et surdominants

La rareté de l'espèce rehausse la valeur écologique des individus de forte taille qui sont encore présents dans le paysage du Bas-Saint-Laurent. Des dispositions spéciales (sensibilisation, directives, mesures compensatoires) pourraient être envisagées pour en assurer la sauvegarde ce serait une autre façon de participer au maintien de la biodiversité.

Transfert de connaissances

Il revient à l'Agence d'organiser les activités de transfert de connaissances et d'identifier pour cela les véhicules et les ressources appropriés. La majeure partie du travail consistera à former adéquatement le personnel des différents points de service. La formation pourra s'adresser à l'ensemble du personnel ou encore, tel que suggéré précédemment, à une groupe restreint chez chaque agent livreur en vue de mettre sur pied une équipe spécialisée. Deux outils sont déjà disponibles à cette fin. Il s'agit d'affiches explicatives produites par les chercheurs Robert Lavallée et Gaston Laflamme du SCF, l'une traitant du contrôle du charançon l'autre de la lutte contre la rouille, respectivement. Deux vidéos visant à vulgariser les différentes techniques de contrôle sont aussi sur la planche à dessin en ce moment.

Voici quelques autres actions qui pourraient être entreprises incessamment :

- Promotion du programme parmi les propriétaires du BSL;
- Guide d'entretien des plantations de pin blanc;
- Informations sur le site Internet de l'Agence;
- Production de matériel promotionnel.

Recherche et suivi

La démarche doit s'accompagner d'un suivi de l'efficacité du programme et de ses interventions. Une partie des analyses pourra être réalisée par l'Agence elle-même. Il serait sans doute pertinent de bien structurer dès le départ la saisie de l'information pour qu'elle puisse être récupérable par les chercheurs ou par la Forêt modèle. Ceux-ci

devraient être impliqués dans l'élaboration des formulaires de saisie qui seront complétés lors des inspections et pour fixer le fonctionnement du mécanisme de suivi.

À court terme, la Forêt modèle entreprendra divers essais avec la participation du SCF. Elle compte notamment mettre en place des plantations expérimentales pour suivre les reboisements mixtes combinant le pin blanc et l'épinette de Norvège. La Forêt modèle entend aussi assurer le suivi des placettes permanentes installées dans le cadre de la présente étude et ce de concert avec la DRF.

Sommaire des recommandations

Nous avons regroupé ici les principales recommandations qui émanent de cette étude.

1. Réviser le cahier d'instructions techniques :

- La série des traitements de contrôle devraient apparaître au cahier d'instructions comme faisant partie intégrante de toute prescription de reboisement comportant du pin blanc;
- Resserer les directives pour l'entretien des plantations de pin blanc;
- Proposer des taux encourageants;
- Revoir les instructions concernant le traitement de la rouille, dont :
 - La coupe d'assainissement et l'élagage : un traitement
 - Les seuils minimaux d'infestation;
 - Les hauteurs d'élagage;
 - L'obligation de stériliser les instruments;
 - La possibilité de reboiser les parterres de coupe;
 - Les incitatifs pour l'éradication du *Ribes*.
- Revoir les instructions concernant le contrôle du charançon, dont :
 - La coupe et la destruction des flèches attaquées à faire avant l'émergence des adultes
 - Les pousses coupées sont éliminées par brûlage;
 - L'indicateur phénologique : début de maturation des framboises sauvages;
 - La poursuite des traitements sur 5 à 6 années consécutives.



2. Monter une base de données cumulant l'information relative à toutes les plantations, existantes ou à venir, et comptabilisant les interventions;
3. Produire des cartes climatiques du Bas-Saint-Laurent;
4. Aviser les pépinières d'accroître la production de plants;
5. Définir les termes du programme pour réintroduire le pin blanc et les modalités de la vérification opérationnelle;
6. Organiser les activités de formation;
7. Fournir aux agents livreurs des directives et budgets pour l'acquisition des instruments d'élagage et d'étêtage;
8. Développer un outil d'aide à la décision pour faciliter la gestion et la planification des travaux dans les plantations.

CONCLUSION GÉNÉRALE

Le projet qui se termine a été mis de l'avant dans le but d'identifier des solutions pratiques au problème d'extinction du pin blanc dans la région du Bas-Saint-Laurent. En quête d'une réponse, l'étude a été planifiée en deux phases conformément aux recommandations des chercheurs qui ont accepté d'encadrer la démarche. Nous avons d'abord dressé un portrait des plantations de pin blanc à travers la région et cherché à cibler des particularités régionales parmi les facteurs pouvant expliquer l'incidence de la rouille et les attaques du charançon. Puis, nous avons analysé le rendement de ces plantations sous l'angle des indices de qualité de station.

L'état des plantations est plutôt précaire, c'est du moins ce que traduisent les statistiques. La majorité des plantations sont présentement infectées, la maladie progresse rapidement et on anticipe d'importantes pertes à brèves échéances. À ce constat s'ajoutent les dégâts du charançon qui sont relativement répandus.

L'indice de qualité de station qui est un bon indicateur du potentiel de croissance d'un peuplement varie géographiquement dans le Bas-Saint-Laurent. Il serait envisageable de faire usage de cette valeur pour établir des priorités d'intervention en sélectionnant parmi les unités d'aménagement, les secteurs les plus productifs. La mesure de cet indice exige de nombreuses données descriptives de la végétation en place, mais il est relié à différentes variables caractéristiques du climat pouvant aider à en faire une estimation à partir de cartes.

Un contrôle efficace des agents pathogènes et ravageurs est possible sur la base des connaissances actuelles. La réflexion nous a conduit à suggérer quelques avenues que nous proposons principalement à l'Agence régionale de mise en valeur des forêts privées du Bas-Saint-Laurent. La clef passe par l'élaboration et la mise en œuvre d'un programme spécialement dédié à la cause. D'autres bien avant nous se sont penché sur cette même problématique, ce qui a donné lieu à l'émergence d'initiatives multiples en Amérique, pas toujours couronnées de succès. L'approche que nous proposons aux décideurs en vue de structurer un programme semblable n'a rien de particulièrement nouveau. En revanche, l'avant-gardisme et la détermination bien connue des forestiers du Bas-Saint-Laurent pourrait une fois de plus faire toute la différence et éventuellement avoir des retombées ailleurs.

La rouille ne doit pas être un facteur qui freine les forestiers intéressés à l'aménagement du pin blanc (Lombard et Bofinger 1999). La réussite repose essentiellement sur une volonté et un engagement vers un objectif commun.

BIBLIOGRAPHIE

- Agence régionale de mise en valeur des forêts privées du Bas-Saint-Laurent. 2002. Cahier d'instructions techniques 2002-2004. 200 pages.
- Alfaro R. et Lavallée R. 1998. Le charançon du pin blanc. Page d'accueil. Service canadien des forêts. http://www.pfc.forestry.ca/entomology/weevil/manage_e.html (page consultée le 24 février 2003)
- Belleau, P., Rioux S. et Roy, M. 2002. Élaboration d'un programme de réintroduction du pin blanc pour la région du Bas-Saint-Laurent. Rapport de la phase I. La Forêt modèle du Bas-Saint-Laurent. 23 pages et annexes.
- Bolghari, H.-A. et Bertrand, V. 1984. Tables préliminaires de production des principales essences résineuses plantées dans la partie centrale du sud du Québec, Ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec, Service de la recherche (Terres et Forêts), Sainte-Foy, Mémoire no 79. 392 pages et annexes.
- Chen, H.Y.H., Krestov, P.V. et Klinka, K. 2002. Trembling aspen site index in relation to environmental measures of site quality at two spatial scales. *Can. J. For. Res.* 32 : 112-119.
- Direction des programmes forestiers du ministère des Ressources naturelles. 1998 Manuel d'aménagement forestier, Document d'annexes.
- Fins, L., Byler, J., Ferguson, D., Harvey, A., Mahalovich, M.F., McDonald, G., Miller, D., Schwandt, J., and Zack, A. 2001. Return of the giants. University of Idaho College of Natural Resources, Station Bulletin 72.
- Geils, B.W. 2001. Impacts of white pine blister rust. USDA. [en ligne]
<http://www.rmrs.nau.edu/rust/Geils2001/text.html> (page consultée le 24 février 2003)
- Katovich, S. et Mielke, M. 1993. How to manage Eastern White Pine to Minimize Damage from Blister Rust and White Pine Weevil. USDA. [en ligne]
http://www.na.fs.fed.us/spfo/pubs/howtos/ht_white/white.htm (page consultée le 24 février 2003)
- Lavallée, A. 1992. Évolution de la rouille vésiculeuse du pin blanc dans les jeunes plantations de pins blancs. Rapport d'information LAU-X-101. Forêts Canada Région du Québec. 24 pages.
- Lombard, K. et Bofinger, J. 1999. White Pine Blister Rust *Cronartium ribicola* Infection Incidence for Selected Areas of New Hampshire. NH Division of Forests and Lands Department of Resources and Economic Development. 11 pages.

- Maloy, O.C. 1997. White Pine Blister Rust Control in North America : A Case History. *Annu. Rev. Phytopathol* 35 : 87-109.
- Maloy, O.C. 2001. White Pine Blister Rust. Washington State University. [en ligne]
<http://www.plantmanagementnetwork.org/pub/php/management/whitepine>
(page consultée le 24 février 2003)
- Natural Resources Canada. Weevil Management. [en ligne]
http://www.pfc.forestry.ca/entomology/weevil/manage_e.html
- Nicholls, T.H. et Anderson, R.L. 1977. Management of white pine blister rust. [en ligne]
<http://www.for.gov.bc.ca/tasb/legsregs/fpc/fpcguide/PINESTEM/pine2.htm>
(page consultée le 24 février 2003)
- Pomerleau, R. et Bard, J. 1969. Les plantations de pin blanc et la rouille vésiculeuse dans le Québec. *Phytoprotection*, volume 50, No.1, pages 32-37.
- Prégent, G. 1996. Devis technique pour la mesure des effets réels des traitements sylvicoles. Gouvernement du Québec, ministère des Ressources naturelles, Direction de la recherche forestière. 28 pages et annexes.
- Prégent, G., Bertrand, V. et Charrette, L. 1996. Tables préliminaires de rendement pour les plantations d'Épinette noire au Québec – Mémoire de recherche N° 118. Gouvernement du Québec, ministère des Ressources naturelles, Direction de la recherche forestière. 63 pages et annexes.
- Régnière, J. 1996. Generalized approach to landscape-wide seasonal forecasting with temperature-driven simulation models. *Environ. Entomol.* 25 :869-881.
- Saucier, J-P., Berger, J-P., D'Avignon, H. et Racine, P., 1994. Le point d'observation écologique. Gouvernement du Québec, ministère des Ressources naturelles, Direction de la gestion des stocks forestiers, Service des inventaires forestiers. 116 pages.
- Ung, Chhun-Huor, Bernier, P.Y., Raulier, F., Fournier, R.A., Lambert, M-C. et Régnière, J. 2001. Biophysical Site Indices for Shade Tolerant and Intolerant Boreal Species. *Forest Science* 47(1) : 83-95.
- Wendel G.W. et Smith, H.C. *Pinus strobus* L. - Eastern White Pine. USDA. [en ligne]
http://willow.ncfes.umn.edu/silvics_manual/Volume_1/pinus/strobus.htm
(page consultée le 21 juillet 2000)

ANNEXE 1

Liste des variables saisies à l'aide du collecteur électronique

Caractéristiques biophysiques

PLANT	Numéro de la plantation
PEP	Numéro de la placette
SUPPEP	Superficie de la placette (ha)
NPIED	Nombre original de pieds d'arbre
ANZERO	Année d'origine des plants
ESP1	Espacement entre les arbres sur une ligne (cm)
ESP2	Espacement entre les lignes (cm)
LATGPS	Latitude déterminé in situ (ex:473230) (dms)
LONGPS	Longitude déterminé in situ (ex:772830) (dms)
ALTGPS	Altitude déterminé in situ (m)
LATCART	Latitude selon des cartes (dms)
LONCART	Longitude selon des cartes (dms)
ALTCART	Altitude selon des cartes (m)
DIM1PEP	1ere dimension de la placette (m)
DIM2PEP	2e dimension de la placette (si nécessaire)(m)
PENTE	Pente agissante sur la placette (%)
EXPOS	Exposition de la pente (degrés)
DRAIN	Code de classe de drainage
REGTH1	Région écologique de Thibault (partie 1)
REGTH2	Région écologique de Thibault (partie 2)
REGSAU1	Région écologique de Saucier et al. (partie 1)
REGSAU2	Région écologique de Saucier et al. (partie 2)
DISTECO1	District écologique de Robitaille (partie 1)
DISTECO2	District écologique de Robitaille (partie 2)
DEPCARTA	Code de dépôt selon les cartes du MRN (partie 1)
DEPCARTB	Code de dépôt selon les cartes du MRN (partie 2)



DEPEP Epaisseur du dépôt (code pour sols minces)
 TEXTURE Code de texture de sol évaluée in situ
 PENTESIT Code de situation sur la pente
 PENTEFOR Code de forme de la pente
 PENTEVER Code du versant
 REGARNI Placette regarnie
 DEGAGE Placette dégagée
 ECLAIR Placette éclaircie
 SPMFPRO No de projet SPMF
 SPMFSTO No de stock SPMF
 SPMFPLA No de placette SPMF
 SPMFCAR Caractéristiques de la pep
 ACTIVE Placette active ou non
 DISPO Type de dispositif

Caractéristiques dendrométriques

PLANT Numéro de la plantation
 PP Numéro de la placette
 ANNEE Année de la prise de mesure
 NTO Nombre total d'arbres à l'inventaire
 EVALORG Organisme de l'évaluateur
 EVAL Initiales des évaluateurs (ex: RK-JBG)
 JOUR Date de l'évaluation (ex: 1994/08/26)
 NOARBRE Numéro de l'étiquette sur l'arbre
 ESSENCE Nom de l'essence
 POUN Planté ou Naturel (P ou N)
 VOUMOU Vivant, Mort OU Coupé (V, M ou C)
 HT Hauteur de la plus haute tige vivante (cm)
 NTVIV Nombre de tiges vivantes
 DHPVIVn DHP des tiges vivantes (ex: 23.4 12.5 4.4)(mm)

NTMORT Nombre de tiges mortes
 DHPMORTn DHP des tiges mortes (ex:8.8 12.4) (mm)
 NCETAT Nombre de codes d'état
 CODETATn Codes d'état
 CODECOMP Code de compétition
 ESSCOMP Essence(s) en compétition (ex:DRS-BOP-SAB-GRS)

Végétation dans les placettes

PLANT Numéro de la plantation
 PEP Numéro de la placette
 ANNEE Année de la prise de mesure
 NARBO Nombre d'espèces de la strate arborescente
 NARBU Nombre d'espèces de la strate arbustive
 NHERB Nombre d'espèces de la strate herbacée
 NMSL Nombre d'espèces de la strate Mousse-Sphaigne-Lichen
 ARBO Code de l'espèce de la strate arborescente
 ARBOAB Code d'abondance de l'espèce de la strate arborescente
 ARBU Code de l'espèce de la strate arbustive
 ARBUAB Code d'abondance de l'espèce de la strate arbustive
 HERB Code de l'espèce herbacée
 HERBAB Code d'abondance de l'espèce herbacée
 MSL Code de l'espèce de la strate Mousse-Sphaigne-Lichen
 MSLAB Code d'abondance de l'espèce de la strate Mousse-Sphaigne-Lichen

